

**DISEÑO DE SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA RECOLECCIÓN DE FARDOS
EN LAS LÍNEAS DE EMPAQUE DE LA EMPRESA HARINERA DEL VALLE S.A.**

CHRISTIAN FERNANDO SOTO LONDOÑO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2013**

**DISEÑO DE SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA RECOLECCIÓN DE FARDOS
EN LAS LÍNEAS DE EMPAQUE DE LA EMPRESA HARINERA DEL VALLE S.A.**

CHRISTIAN FERNANDO SOTO LONDOÑO

**Pasantía institucional para optar el título de
Ingeniero Mecatrónico**

**Director
CESAR MARINO ROJAS
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2013**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero mecatrónico.

JUAN CARLOS MENA MORENO

Jurado

BERNARDO ROGER SABOGAL ABRIL

Jurado

Santiago de Cali, 01 de Abril del 2013

CONTENIDO

GLOSARIO	11
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2. JUSTIFICACIÓN	18
3. OBJETIVOS	20
3.1. OBJETIVO GENERAL	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. ANTECEDENTES	21
4.1. SISTEMA ABATIBLE HARINERA DEL VALLE S.A.	21
4.2. ELEVADOR TIPO L3060-65R CAMPRODÓN LTDA.	22
4.3. ROBOTS MOTOMAN YASKAWA MA1800	23
4.4. EMPUJADOR NEUMÁTICO EMP-10 EMPRESA LOGISMARKET	24
5. MARCO TEÓRICO	26
5.1. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)	26
5.2. PROTECCIÓN DE MAQUINARIA POR ELEMENTOS MÓVILES	27
5.2.1. Dispositivos De Enclavamiento	29
5.3. BANDAS TRANSPORTADORAS	29
5.3.1. Banda o cinta de goma	29
5.3.2. Cabezal motriz	29
5.3.3. Tambor motriz	29
5.3.4. Rodillos	30
5.4. SISTEMAS NEUMÁTICOS	30
6. METODOLOGÍA	32
6.1. DESARROLLO CONCEPTUAL	32
6.1.1. Búsqueda de Información	32
6.1.2. Generación de conceptos	33
6.1.3. Prueba de conceptos	33
6.1.4. Selección de conceptos	33
6.2. DISEÑO A NIVEL DE SISTEMAS	33

6.3. SOCIALIZACIÓN	34
7. MODELO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS	35
8. PROCESO DE EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE CRITERIOS	37
8.1. OBTENCIÓN DE DATOS PRIMARIOS	37
8.2. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	40
8.3. DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL	41
8.3.1. Descripción del producto	41
8.3.2. Función	41
8.3.3. Necesidades	41
8.3.4. Descomposición funcional del producto	42
8.3.5. Conceptos generados por las subfunciones	43
8.3.6. Árbol de clasificación	43
8.4. GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE CONCEPTOS	45
8.4.1. Conceptos generados	45
8.4.2. Matriz de selección	51
8.4.3. Matriz de evaluación de conceptos	53
9. DISEÑO DE LA OPCIÓN SELECCIONADA	55
9.1. BÚSQUEDA DE PARÁMETROS	55
9.2. DISEÑO BANDA TRANSPORTADORA	56
9.2.1. Cálculo cinta transportadora	56
9.2.2. Cálculo motor	60
9.3. DISEÑO SISTEMA NEUMÁTICO	66
9.4. PROGRAMACIÓN DEL PLC E INTERFAZ GRÁFICA	70
9.5. CRITERIOS DE LA SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS	73
9.6. VALIDACION DE RESULTADOS	74
10. MANUAL DE USO	75
10.1. CONCEPTO GENERAL INTERFAZ GRÁFICA HMI	75
10.2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO	75
10.3. PROCEDIMIENTOS PREVIOS A LA OPERACIÓN	78
11. COSTOS ASOCIADOS AL SISTEMA ACTUAL	81
12. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONOMICA	83
13. ANÁLISIS ERGONÓMICO	86

14. CONCLUSIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción del sistema	40
Tabla 2. Características técnicas concepto A	45
Tabla 3. Características técnicas concepto B	47
Tabla 4. Características técnicas concepto C	49
Tabla 5. Características técnicas concepto D	50
Tabla 6. Características técnicas concepto E	53
Tabla 7. Velocidad promedio de acuerdo a las referencias	56
Tabla 8. Características motorreductor seleccionado	66
Tabla 9. Especificaciones actuadores neumáticos	67
Tabla 10. Especificaciones técnicas electroválvula de 5/2 vías	69
Tabla 11. Especificaciones Simatic S7-200 CPU 226	78

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Accidentalidad plantas de Harinera del Valle S.A.	35
Cuadro 2. Matriz de selección sistema recolector	52
Cuadro 3. Parámetros para cálculo de banda transportadora	55
Cuadro 4. Consumo específico de aire (L/cm)	68
Cuadro 5. Mantenimiento preventivo para bandas transportadoras	80
Cuadro 6. Costos asociados al funcionamiento actual	82
Cuadro 7. Resultado indicadores de rentabilidad	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de recolección Harinera del Valle S.A.	16
Figura 2. Ineficiencia del sistema Abatible	17
Figura 3. Elevador tipo I3060-65r camprodón Ltda.	22
Figura 4. Robot MA 1800	23
Figura 5. Empujador neumático EMP-10 empresa Logismarket	25
Figura 6. Ejemplo guarda fija	28
Figura 7. Guarda móvil junto con enclavamiento de un interruptor	28
Figura 8. Caja negra del recolector de fardos	42
Figura 9. Descomposición funcional (subfunciones)	42
Figura 10. Tipos de energía para el sistema	43
Figura 11. Tipos de sensores para el sistema	44
Figura 12. Banda transportadora canjilones de arrastre	46
Figura 13. Empujador neumático	47
Figura 14. Dimensiones del fardo	56
Figura 15. Orientación del fardo	57
Figura 16. Holgura	57
Figura 17. Diagrama de tensiones tambor motriz	62
Figura 18. Tubería de servicio	69
Figura 19. Diagrama sistema neumático	70
Figura 20. GRAFCET	71
Figura 21. Concepto general para inicio de interfaz gráfica	75
Figura 22. Interfaz de usuario HMI	76
Figura 23. Flujo Neto	83

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Formato de Inspección para máquinas y equipos	90
Anexo B. Valores de coeficientes “C”	94
Anexo C. Coeficiente de fricción en los rodillos “F”	95
Anexo D. Coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor motriz	95
Anexo E. Factor tambor motriz “C1”	95
Anexo F. Cotización Servibandas DJ	95
Anexo G. Validación de resultados	98
Anexo H. Diagrama del diseño	113
Anexo I. Diagrama conexión al PLC	116
Anexo J. Diagrama conexión actuadores neumáticos	118
Anexo K. Análisis Ergonómico puesto trabajo auxiliar Empaque Pastas	119

GLOSARIO

ARP: compañías de seguro oficiales o privadas que cubren el riesgo de accidentes de trabajo de los empleados de las empresas particulares y del estado.

CAD: diseño asistido por computador, es el uso de herramientas computacionales para el modelamiento en dos dimensiones y tres dimensiones. Permite pre visualizar el producto, crear animaciones y realizar análisis de tipo mecánico.

CPU: unidad de proceso central, se encarga de producir los cálculos y su división se da en dos componentes: La unidad ALU, que realiza las operaciones aritméticas y lógicas. La unidad de control (CU), que extrae instrucciones de la memoria, la descifra y ejecuta.

EMPAQUETADORA: máquina usada para realizar el proceso de empaque de un producto. Cuenta con un sistema de pesaje para control de calidad, Sensores de metal, sujetadores de lámina y mordazas para el sellado del paquete.

ENFARDELADORA: máquina que tiene como función envolver el producto de abajo arriba de un material plástico estirable. Se hace necesario para productos alimenticios por la protección contra agentes externos.

GEMMA: guía de estudio de los modos de marcha y paradas. Es una metodología para prever todos los estados de un proceso automático; Contempla los estados de producción, parada y fallas.

GRAFCET: diagrama funcional normalizado que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones y procesos intermedios.

HMI: interfaz de usuario, es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina de forma fácil y rápida.

LADDER: lenguaje de contacto o lenguaje de programación gráfico en autómatas programables debido a su facilidad por el uso de esquemas eléctricos de control clásico.

OSHA: agencia americana que hace cumplir las leyes sobre la seguridad y salud de los trabajadores. Su misión es la de garantizar que los lugares de trabajo sean saludables, seguros y productivos.

OPC: estándar de comunicación en el campo de control y supervisión de procesos industriales. Permite que los componentes de software individuales interaccionen y compartan datos.

PLC: controlador lógico programable diseñado para resistir múltiples entradas y salidas además de las condiciones de ruido, temperatura y vibraciones que se presentan en áreas industriales. Su función se da en la automatización industrial.

PVC: tipo de producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a poli cloruro de vinilo. Es un derivado del plástico más versátil.

REBA: permite estimar el riesgo de padecer desórdenes corporales relacionados con el trabajo basándose el análisis de las posturas adoptadas por los miembros superiores del cuerpo, del tronco, del cuello y las piernas.

RIESGO MECÁNICO: se denomina riesgo mecánico a la probabilidad de que se produzca un evento y su consecuencia sea negativa. Dicha consecuencia da lugar a una lesión por la acción mecánica de elementos de máquina, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados bien sean solidos o fluidos.

TIR: tasa interna de retorno. Es un indicador de rentabilidad de un proyecto y permite fundamentalmente decidir sobre la aceptación o rechazo de este.

VPN: valor presente neto. Permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero.

RESUMEN

El presente trabajo realiza la evaluación, análisis y diseño de un sistema recolector de fardos para las seis líneas de empaque de la empresa Harinera del Valle S.A. Así mismo hace énfasis en la necesidad de prevenir los riesgos mecánicos por atrapamiento originados en el área de empaque pastas.

Se inició con un diagnóstico de la planta para focalizar el punto de partida por riesgo mecánico determinando las zonas críticas por medio de protocolos de seguridad industrial y el análisis de la accidentalidad generada en los años anteriores. Posterior al protocolo de inspección se seleccionó la zona de riesgo para los asociados de la empresa y dio inicio al proyecto que se describe en el documento.

Luego de la identificación se planteó la problemática, se establecieron los objetivos, alcances y los límites de la misma. Se estableció la metodología de trabajo, creando grupos de enfoque con las áreas interesadas y charlas de sensibilización con operarios y auxiliares de planta.

Finalmente se diseñó alternativas de solución para la recolección de los fardos de las líneas de empaque que permitieran disminuir la interacción humana con la máquina. Por medio del diseño concurrente se seleccionó dicha alternativa y se dio origen a la etapa de cálculo y diseño, el análisis de la estructura, los sistemas de seguridad, costos y riesgos biomecánicos del nuevo sistema. Para terminar se presentan las conclusiones a las que llegó el estudio y la elaboración del proyecto. Se responde el objetivo general y específico del trabajo; y se enuncian las recomendaciones para aumentar la capacidad de producción de la empresa.

PALABRAS CLAVES: SISTEMA AUTOMATICO, RECOLECTOR DE FARDOS, SISTEMA BATIBLE, GUARDAS DE SEGURIDAD, ACTUADORES NEUMATICOS,

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se realizó para dar solución a una problemática en las líneas de empaque de Harinera del Valle S.A. Se inició con un diagnóstico de riesgo mecánico en la planta Cali y se encontró que la empresa presentaba maquinaria en movimiento y herramientas que son las causantes de vulnerar la integridad del personal.

En ocasiones los elementos de seguridad existen pero no cumplen con los objetivos propuestos, es decir, mal diseñados o mal acondicionados, lo que origina daños en el proceso y en el producto. Al no cumplir con la totalidad de elementos que intervienen como la seguridad y la producción es necesario realizar controles periódicos para el buen funcionamiento.

Se decidió intervenir el proceso y trabajar en el área de Pastas, por ser la más crítica y presentar riesgo latente por atrapamiento y generación de problemas biomecánicos. La elaboración del producto en esta zona cuenta con dos áreas, una es la encargada de producir las diferentes referencias de pastas y su almacenaje, posteriormente se lleva a la segunda área que es la de interés y donde se va a concentrar el proyecto; Esta área se encarga de realizar el empaque del producto y consta de 6 líneas denominadas Stiavelli (por su fabricante) seguido por las letras A hasta la F, para ser diferenciadas. Cada Stiavelli cuenta con una Enfardeladora cuya función es de hacer los paquetes y su tamaño depende del producto y la cantidad de unidades, así entonces, La primera línea hasta la tercera abarca todo el empaque de pasta corta y de la cuarta hasta la sexta son para empaque de pasta larga. Después de cada enfardeladora se encuentra el sistema a automatizar denominado Abatible, su función es recoger los fardos provenientes de la banda transportadora alimentadora y llevarlos a la banda principal situada a una altura inferior.

El sistema del abatible presenta problemas por un inadecuado funcionamiento y las razones por la que se ve afectado es por el mal diseño en temas como la velocidad de las bandas transportadoras, la no existencia de señales de activación por presencia de fardos, elementos de prevención de riesgos, entre otros.

Para la ejecución del proyecto y el diseño del sistema se inició con la identificación de necesidades que son recolectadas por mecanismos como la evaluación de riesgos, protocolo que permite la identificación de diferentes factores que generen que la máquina o el operario sean las responsables de dichos accidentes, por otro lado existen las entrevistas del personal, la investigación bibliográfica y por último la información de la accidentalidad que son datos estadísticos suministrados por la empresa. Consecutivamente se empezó la etapa de generación, prueba y selección de conceptos que básicamente permiten analizar las necesidades y abren el conocimiento para nuevas ideas. Finalmente, se terminó con el diseño a nivel de sistemas que es la etapa donde se observa la solución planteada con su respectivo modelamiento y simulación.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Harinera del Valle planta Cali cuenta con seis líneas de empaque dentro del área de pastas. En cada una de las líneas se encuentra un sistema de traslado para fardos que se puede observar en la figura 1; Actualmente el sistema no está sincronizado con ninguna de las otras máquinas como lo son la enfardadora y la empaquetadora, su encendido se hace manualmente por un pulsador y su sistema de control está al mando de un PLC.

Figura 1. Sistema de recolección Harinera del Valle S.A.



Fuente: Harinera del Valle S.A

El sistema actual No cumple su función debido a:

- La velocidad de la banda transportadora alimentadora de cada una de las líneas es muy baja y no permite que el fardo llegue hasta la base del abatible. El sistema actual de la banda depende de la velocidad de la banda del horno ya que el sistema esta acoplado al mismo motor, además, la banda no posee una inclinación haciendo más difícil para el fardo su paso por los rodillos.
- El sistema abatible no cuenta con una señal que le indique si hay o no fardo por lo tanto el sistema está en continuo funcionamiento siendo ineficiente. (ver figura 2).
- La velocidad de subida y bajada de la base generada por los cilindros neumáticos es muy rápida y su inclinación es exagerada permitiendo el

daño de los fardos por caídas bruscas o por el aplastamiento de fardos que vienen de otras líneas de empaque (ver figura 2).

Figura 2. Ineficiencia del sistema Abatible



Fuente: Harinera del Valle S.A

- El sistema no cuenta con guardas siendo la principal causa de accidentalidad por riesgo mecánico en el área.
- Los órganos de accionamiento como la parada de emergencia no son suficientes para cubrir la zona de riesgo presentes en la máquina.
- No se cuenta con alarma acústica o visual.
- Problemas ergonómicos debido al mal funcionamiento del equipo y a la alta repetitividad de movimientos.
- Deficiencia generada por los costos de fardos dañados y el tiempo gastado por los operarios para llevar cada uno de los fardos otra vez hasta la empaquetadora y el inicio nuevamente del proceso.

Por estas razones es de gran importancia para la Harinera del Valle dar solución oportuna y eficaz a las zonas de riesgos previamente identificadas, planteando la siguiente pregunta.

“¿Cuál sistema es el más apropiado para disminuir el daño de fardos, la accidentalidad y eliminar la intervención humana en las líneas de empaque en el área de pastas de la empresa Harinera del Valle S.A.?”

2. JUSTIFICACIÓN

El mejoramiento de un puesto de trabajo permite el diseño de nuevos sistemas que beneficien el área de producción específica, prevenga o disminuya la accidentalidad y el bienestar de los empleados, siendo reflejado para la empresa como un aspecto positivo garantizando su calidad de servicio.

El presente proyecto tiene como objetivo beneficiar dos grandes grupos. Uno enfocado hacia la empresa Harinera del Valle S.A. y el segundo a la aseguradora de riesgos.

Desde el punto de vista legal, el decreto 1295 de 1994 establece en su artículo 56 [1], que los riesgos que se generen en los ámbitos de trabajo y su prevención son responsabilidad del empleador, además, la norma OSHA señala que los empleadores son los responsables de proveer un lugar de empleo seguro y saludable para sus empleados mediante el establecimiento y cumplimiento de normas, el ofrecimiento de capacitaciones, alcance y educación, el establecimiento de asociaciones y la motivación del mejoramiento continuo de procesos de seguridad y salud en el lugar de trabajo [2]. De acuerdo a las normas ya nombradas la empresa debe asumir unos costos económicos generados a raíz de accidentes de trabajo, ya que a pesar de contar con una aseguradora de riesgos existen unos costos que No son asegurables:

- Costos de entrenamiento e inducción para los remplazantes del trabajador accidentado.
- Costo de tiempo de reemplazos del trabajador accidentado.
- Costos generados por investigación por parte administrativa.
- Sobrecostos de seguros por reclamación.
- Demanda de clientes por incumplimiento de contratos.
- Afectación del clima laboral.
- Disminución del rendimiento de producción secundario al evento que se reporta como accidente.

Evitar los accidentes de trabajo permiten que la empresa elimine gastos ya nombrados y a su vez obtenga beneficio como:

- La propiedad y materiales no serán dañados.
- La producción se moverá más eficazmente.
- Los empleados no saldrán lesionados y en el peor de los casos se evitara la muerte.

El área de producción se verá beneficiada en el diseño del nuevo sistema debido a los costos económicos generados por el daño del producto; Actualmente, el daño de fardos es del 3% del total producido, de esta cantidad el 22.5% son por el sistema Abatible que trae como consecuencia deficiencia en producción y pérdidas de tiempo para el personal, siendo reflejado en el reingreso del producto en la línea de empaque.

Para la aseguradora de riesgos es de importancia la ejecución del proyecto ya que tienen responsabilidad legal referente a la prevención de accidentes. Definido en el decreto 1295 de 1994 en su artículo 56, “las ARP por delegación del estado, ejercen la vigilancia y control en la prevención de los riesgos profesionales de las empresas que tengan afiliadas, a las cuales deberán asesorar en el diseño del programa permanente de salud ocupacional.” [1]. Durante los años 2010 y 2011 se presentaron 72 accidentes en la empresa y un total de 440 días de incapacidad, de este número 31 fueron por el factor de riesgo mecánico y el área de pastas presento 23 accidentes en las líneas de empaque.

De lo anterior, se observa la necesidad de la empresa en intervenir en esta área de producción específica, que permitirá brindar mayores beneficios para los empleados garantizando un adecuado puesto de trabajo, disminución de costos y la minimización de riesgos que afecten al personal.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema automático para la recolección de fardos en las líneas de empaque de la zona de pastas de Harinera del Valle S.A.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la parte mecánica-estructural que permita el traslado de fardos hasta la banda transportadora principal.
- Seleccionar la técnica de control adecuada para la sincronización del sistema recolector de fardos.
- Seleccionar el mecanismo que contribuya a la prevención del riesgo por atrapamiento.
- Diseñar o seleccionar el sistema de propulsión adecuado para la recolección de fardos.
- Diseñar sistema de control electrónico para los órganos de accionamiento.
- Seleccionar el sistema de detección de objetos adecuado para el reconocimiento de fardos que llegan de las líneas de empaque.
- Elaborar un plan de acción de fácil comprensión y aplicación para los líderes y asociados participantes sobre el funcionamiento del nuevo sistema.
- Elaborar el estudio de viabilidad económica a la solución propuesta.

4. ANTECEDENTES

De acuerdo a la investigación realizada se tomaron como antecedentes los siguientes mecanismos:

4.1. SISTEMA ABATIBLE HARINERA DEL VALLE S.A [3].

Este sistema cuenta con una banda transportadora alimentadora encargada de llevar los fardos hasta la base del abatible, también tiene un sistema neumático conformado por un regulador y un cilindro que permiten inclinar la base para la caída del fardo hasta la banda transportadora principal por medio de unos rodillos locos.

Ventajas.

- Fácil construcción del equipo.
- Costos relativamente bajos para su implementación en cada una de las líneas.

Desventajas.

- La velocidad de la banda transportadora alimentadora de cada una de las líneas es muy baja y no permite que el fardo llegue hasta la base del abatible.
- El sistema abatible no cuenta con una señal que le indique si hay o no fardo por lo tanto el sistema está en continuo funcionamiento siendo ineficiente.
- La velocidad de subida y bajada de la base generada por los cilindros neumáticos es muy rápida y su inclinación es exagerada permitiendo el

daño de los fardos por caídas bruscas o por el aplastamiento de fardos que vienen de otras líneas de empaque.

- El sistema no cuenta con elementos de prevención de seguridad industrial como guardas fijas o móviles, alarma acústica o visual, dispositivos de protección o bloqueo y órganos de accionamiento como parada de emergencia cercana a la zona de riesgo.

4.2. ELEVADOR TIPO L3060-65R CAMPRODÓN LTDA. [4].

Camprodón LTDA es una empresa española encargada en la fabricación de transmisiones industriales y su actividad se centra en el diseño e implementación de cintas transportadoras, bandas transportadoras, accionamientos y elementos de transmisión de potencia. El elevador tipo I3060-65r es uno de los sistemas con los que cuenta dicha compañía. Este elevador permite llevar de una banda transportadora de un nivel más alto a otro más bajo, el sistema cuenta con un motorreductor corona-sinfín, engranajes cónicos y su transmisión se hace por cadenas (ver figura 3).

Ventajas.

- Sistema de fácil adecuación por venir ya construido.
- Sistema hecho para soportar altos procesos productivos.

Desventajas.

- Costos elevados para su implementación en las 6 líneas de empaque.
- Su longitud mínima (2 metros) sobrepasa el espacio de trabajo y no permite ser implementado.

Figura 3. Elevador tipo I3060-65r camprodón Ltda.



Fuente: Cintas – transportadoras [en línea]: elevadores. España: Camprodón. 2012 [consultado el 01 de Octubre del 2012]. Disponible en internet en: <http://www.camprodon.biz/catalog/cintas-transportadoras/elevadores.html>

4.3. ROBOTS MOTOMAN YASKAWA MA1800 [5].

Yaskawa Electric Corporation es una compañía líder mundial en construcción de variadores, servomotores, controladores de movimiento y robots industriales Motoman. El robot MA 1800 se destaca por su alto rendimiento en aplicaciones de manipulación y soldadura (ver figura 4).

Figura 4. Robot MA 1800



Fuente: Robots manipuladores [en línea]: Productos robots. España: Yaskawa. 2012 [consultado el 01 de Octubre del 2012]. Disponible en internet: http://www.motoman.es/es/productos/robots/?no_cache=1

Ventajas.

- Altas velocidades en los procesos productivos.

- Consta de 6 ejes y ofrecen un rendimiento superior en aplicaciones de manipulación de materiales como lo son la recolección de fardos y empaques.
- Llega a espacios reducidos.
- Carga máxima de 15 kg.

Desventajas.

- Costos elevados para su implementación.
- Capacitaciones del personal a operar los Motoman.
- El nivel de producción no exige este tipo de velocidad y tecnología.
- Instalación costosa.
- El espacio de trabajo es reducido y su tamaño sobrepasa dicha área.

4.4. EMPUJADOR NEUMÁTICO EMP-10 EMPRESA LOGISMARKET [6]

El empujador neumático es un sistema que consta de unas pestañas encargadas para el empuje del paquete, su implementación se hace por dentro de la base del abatible y el giro de las pestañas se realiza mediante la fuerza ejercida por el sistema neumático (ver figura 5).

Ventajas

- Fácil construcción del equipo.
- Rapidez en el traslado de los fardos y eficiente en el proceso de empuje.

Desventajas

- La tecnología implementada es costosa.
- Se necesita personal con mayor conocimiento para su manejo, mantenimiento y reparación.

- La velocidad de las pestañas generada por los cilindros neumáticos es muy alta y su funcionamiento no está hecho para el traslado de fardos sino para cajas o materiales menos delicados.
- Al ser un sistema neumático el sostenimiento del aire comprimido y el mantenimiento es más costoso.

Figura 5. Empujador neumático EMP-10 empresa Logismarket



Fuente: Transportadores extensibles [en línea]: Elevación, manipulación y transportadores. España: Mecalux Logismarket. 2012 [consultado el 01 de Octubre del 2012]. Disponible en internet: <http://www.logismarket.es/aeda-conveyors/transportadores-extensibles/161279073-1124660-p.html>

5. MARCO TEÓRICO

Para la realización del diseño automático y su cumplimiento con cada uno de los objetivos es necesario considerar conceptos como:

5.1. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC) [7]

Los PLC son dispositivos encargados para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real y su uso se da en su gran mayoría en las zonas industriales. Su función está basada en realizar procesos automáticos con la ayuda de dispositivos electrónicos y programas informáticos que permiten controlar los procesos. De acuerdo a esto, podemos decir que el PLC es un pequeño computador industrial que mira sensores digitales, analógicos, pulsadores, switches, lee su programa de control, hace cálculos matemáticos y como resultado controla diferentes tipos de hardware (salidas) tales como válvulas, luces, relés, servomotores, cilindros neumáticos, cilindros hidráulicos, entre otros.

- **Órganos de accionamiento [8]** Los órganos de accionamiento son todos aquellos elementos sobre los que actúa el operador para comunicar las órdenes a un equipo de trabajo, modificar sus parámetros de funcionamiento, seleccionar sus modos de funcionamiento y de mando o, eventualmente, para recibir informaciones. Se trata, en general, de pulsadores, palancas, pedales,

selectores, volantes y, en el caso de algunos equipos de trabajo (por ejemplo máquinas), de teclados y pantallas interactivas (control numérico). Todo esto es considerado para un PLC una entrada bien sea análoga o digital.

Dichos órganos de accionamiento deben estar claramente identificados y para ello se deben utilizar colores y pictogramas normalizados. Estos deberán estar situados fuera de las zonas peligrosas, salvo, si fuera necesario, en el caso de determinados órganos de accionamiento, y de forma que su manipulación no pueda ocasionar riesgos adicionales.

- **Parada general.** Se trata de poner a disposición de los operadores los medios de obtener la parada de todo el equipo de trabajo en condiciones seguras, garantizando principalmente que la máquina no pueda volver a ponerse en marcha de manera intempestiva, teniendo prioridad de las ordenes de parada sobre las puesta en marcha.
- **Parada de emergencia.** Pulsador que permite el paro la máquina en las mejores condiciones posibles cuando se presenta un riesgo dentro del proceso bien sea para la máquina o el personal. El órgano de mando debe ser de color rojo sobre un fondo amarillo.

5.2. PROTECCIÓN DE MAQUINARIA POR ELEMENTOS MÓVILES [9]

Una máquina cumple con su objetivo cuando realiza el trabajo para la que fue creada y sea segura. Para esto, la forma de utilización debe ser adecuada y el trabajador debe contar con la debida formación para el trabajo, conociendo entre otras cosas cuáles son las protecciones que cada máquina debe tener.

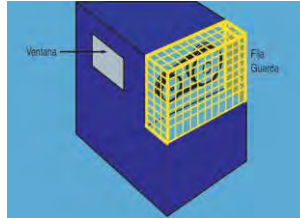
Se denomina peligro mecánico el conjunto de factores físicos que pueden dar lugar a una lesión por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o fluidos. Las formas elementales del peligro mecánico son principalmente: Aplastamiento, cizallamiento, corte, enganche, atrapamiento o arrastre, impacto, perforación o punzonamiento y abrasión.

Tipos De Resguardos

- **Fijos:** Resguardos que se mantienen en su posición, es decir, cerrados, ya sea de forma permanente (Soldadura) o bien por medio de elementos de fijación

(tornillos) que impiden que puedan ser retirados/abiertos sin el empleo de una herramienta (ver figura 6).

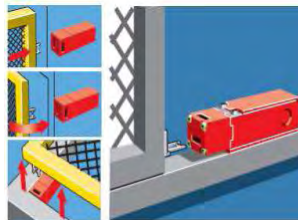
Figura 6. Ejemplo guarda fija



Fuentes: Guardas fijas [en línea]: Principios de Seguridad CONSTRUMÁTICA, Medidas Preventivas en Máquinas. Seguridad y Salud. Colombia: ROCKWELL AUTOMATION, [consultado el 07 de Septiembre del 2012]. <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/7131359/print.html>

- Móviles: Son resguardos que están unidos al bastidor de la máquina o a un elemento fijo próximo, por ejemplo, mediante bisagras o guías de deslizamiento, y que se pueden abrir sin necesidad de utilizar ninguna herramienta (ver figura 7).

Figura 7. Guarda móvil junto con enclavamiento de un interruptor



Fuente: Guardas fijas [en línea]: Principios de Seguridad CONSTRUMÁTICA, Medidas Preventivas en Máquinas. Seguridad y Salud. Colombia: ROCKWELL AUTOMATION, [consultado el 07 de Septiembre del 2012]. <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/7131359/print.html>

Requisitos Generales Que Deben Cumplir Los Resguardos Móviles:

- Deben impedir o limitar al máximo posible el acceso a las zonas de peligro cuando están en posición de cerrados.
- Deben garantizar las distancias de seguridad.

- Pueden ser utilizados para proteger de otros peligros, por ejemplo: para retener piezas, herramientas o fragmentos de ellas, en el caso de que salgan proyectadas; para retener emisiones de sustancias peligrosas (refrigerantes, vapores, gases, nieblas, polvo, etc.); para reducir la emisión de ruido; para retener o disipar la energía generada por una explosión, etc.

5.2.1. Dispositivos De Enclavamiento [10] Son dispositivos de protección destinados a impedir el funcionamiento de ciertos elementos de una máquina bajo determinadas condiciones. Este tipo de dispositivos puede tener diversas aplicaciones como la de evitar que se desarrolle una secuencia automática hasta que se cumplan determinadas condiciones de posicionamiento de ciertos elementos, o la de impedir que se produzcan sucesos incompatibles entre sí.

El dispositivo de enclavamiento con bloqueo es adecuado cuando existe una inercia importante de los elementos peligrosos. En otros casos puede ser también adecuado asociar a un dispositivo de enclavamiento otro de bloqueo, por ejemplo, cuando una apertura involuntaria o inadecuada del resguardo puede dar lugar a daños a la máquina, al producto a trabajar o a las herramientas.

5.3. BANDAS TRANSPORTADORAS [11]

Su función es la de transportar de forma continua diferentes materiales o productos que dependen de la necesidad de la empresa, son capaces de cubrir distancias que oscilan entre metros y decenas de kilómetro. Los principales componentes del transportador son:

5.3.1. Banda o cinta de goma. Es un dispositivo capaz de trasladar los materiales que lleva en su parte superior de forma continua, sus funciones principales son contener el material y transmitir la fuerza necesaria para transportar la carga.

5.3.2. Cabezal motriz. Está compuesto por un moto tambor que es una configuración donde el motor, reductor y los cojinetes forman una unidad integrada, con esto se eliminan partes voluminosas y se logran un rendimiento de hasta el 97%.

5.3.3. Tambor motriz. Permite llevar la fuerza generada desde el motor hasta la cinta de goma. El tambor está envuelto normalmente de goma y su espesor

depende de la potencia a transmitir. En ocasiones, el tambor motriz no lleva revestimiento porque son hechos de acero liso que al trabajar con cintas de PVC no son necesarias.

5.3.4. Rodillos. Su función es la de sostener la banda y garantizar el deslizamiento libre de la banda para el transporte de la carga. Son el elemento más importante de la banda y de su mantenimiento se garantiza la eficacia y la economía.

5.4. SISTEMAS NEUMÁTICOS [12]

Los sistemas neumáticos son aquellos que emplean el aire comprimido como modo de transmisión de energía, generando una fuerza necesaria para mover y hacer funcionar un mecanismo. En todo sistema neumático se cuenta con los siguientes elementos:

- ❖ Elementos generadores de energía: Son aquellos que consiguen que el aire comprimido transmita la energía necesaria para el sistema. En los sistemas neumáticos se habla del compresor y su accionamiento se da por medio de un motor bien sea eléctrico o de combustión interna.

Los tipos de compresores son:

- Compresor por émbolo: Está compuesto por válvulas de admisión y escape, émbolo y biela – manivela.
- Compresor radial de paletas: Compuesto por un rotor excéntrico, dotado de paletas que giran en un alojamiento cilíndrico que asegura la fuerza centrífuga que comprime el aire.
- Compresor de tornillo: La aspiración y compresión se efectúan por dos tornillos, uno engrana en el otro y la compresión se realiza axialmente.
- ❖ Elementos de tratamiento del aire: Debido a la suciedad y a la humedad en la atmosfera es necesario realizar un secado del aire antes de su utilización, así como el filtrado y la regulación de presión para que no se introduzcan impurezas en el sistema ni sobrepresiones.

Existen filtros de aire que retienen las partículas de agua y aceite que vengan de la atmosfera o generados por el compresor. A demás se cuenta

con lubricadores de aire que generan una fina neblina de aceite para lubricar las piezas móviles de los actuadores neumáticos.

- ❖ Elementos de mando y control: Son los encargados de conducir de forma adecuada el aire comprimido del compresor hacia los actuadores. Las válvulas son los elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como, la presión o el caudal del fluido enviado hasta el actuador.
- ❖ Elementos actuadores: Permiten transformar la energía del fluido en movimiento, en trabajo útil. Se pueden dividir en dos grandes grupos:
 - Cilindros neumáticos: Permiten el movimiento rectilíneo y su diferenciación se da por simple efecto (Solo son activados en una dirección) y doble efecto (Son activados en ambas direcciones).
 - Motores neumáticos: Permiten el movimiento giratorio mecánico. En estos motores su ángulo de giro no está limitado. Existen tres tipos de motores (émbolo, aletas y engranajes).

6. METODOLOGÍA

Para la adecuada ejecución del proyecto se estableció una serie de pasos que garantizan un orden lógico basado en el Proceso de Diseño que es utilizado para el desarrollo de productos.

6.1. DESARROLLO CONCEPTUAL

Se determinó y analizó los requerimientos y las necesidades que se presentaban en el sistema actual de recolección de paquetes para la posterior generación de ideas del nuevo diseño que logrará cumplir con los objetivos.

6.1.1. Búsqueda de Información. El objetivo de esta etapa es la búsqueda de información pertinente relacionada con el origen del problema, tomando diferentes rutas como lo son: la actualización de información de la máquina, la familiarización con el funcionamiento por medio de manuales o material suministrado por la empresa, el conocimiento del personal de mantenimiento y operarios de cada una de las líneas.

- **Búsqueda externa:** Se refiere a la identificación de la maquinaria, equipos o herramientas similares que permitan solucionar la problemática existente por medio de una investigación bibliográfica donde se identifican que empresas productoras facilitan un sistema similar o que empresas han implementado un sistema que satisfaga las necesidades encontradas.

- **Búsqueda interna:** Buscar y emplear la información suministrada por el personal que trabaja directamente con la máquina mediante la utilización de encuestas y la realización de protocolos utilizados por la empresa.

Es de gran importancia y la base para el buen desarrollo del proyecto, se trabajó analizando los datos recopilados durante los años 2010 y 2011 sobre los accidentes ocurridos por el factor de riesgo mecánico y los daños generados por el sistema actual a los paquetes, para este último se contó con un análisis hecho durante los meses de Junio, Julio y Agosto del año 2012.

6.1.2. Generación de conceptos. La generación de conceptos de diseño consistió en identificar todas las posibles alternativas de mecanismos que cumplieran una función similar para la solución del problema.

6.1.3. Prueba de conceptos. Se realizó una evaluación a cada idea seleccionada para encontrar mejoras a problemas que se pudieran encontrar posteriormente.

6.1.4. Selección de conceptos. Siguiendo con el proceso, se generaron los conceptos de cada una de las alternativas y se evaluaron las soluciones o combinaciones que cumplieran con los objetivos, buscando obtener la solución más efectiva que no permitiera que el hombre interactuara directamente o indirectamente sobre los riesgos presentes en la máquina. Para el desarrollo de esta se utilizó un método de diseño para el desarrollo y validación de productos como el Diseño Concurrente.

6.2. DISEÑO A NIVEL DE SISTEMAS

Consistió en el diseño de la solución seleccionada y los pasos utilizados fueron los siguientes:

- **Búsqueda de parámetros:** Permitió obtener las necesidades del cliente e identificar las causas que generan la problemática en el proceso.
- **Cálculos de diseño:** De acuerdo a los requisitos establecidos se generó el proceso de cálculo para el diseño de la banda y el sistema neumático.

- Selección de componentes: Acorde a los resultados arrojados en la etapa anterior se eligió los componentes adecuados para el buen funcionamiento del sistema.
- Diseño del sistema recolector: Se utilizó la herramienta SolidWorks 2012 que permite modelar y simular las piezas conjuntas con el fin de mostrar todos los aspectos de diseño, su geometría y funcionamiento, información necesaria para la producción basándose en técnicas de modelamiento con sistemas CAD
- Diseño de la interfaz gráfica: Su objetivo fue de crear la interacción entre usuario – máquina facilitando la comunicación y el control del sistema.
- Análisis de planos y esfuerzos: Comprobó el adecuado funcionamiento del sistema recolector, analizando temas como la carga, esfuerzos entre otras.

6.3. SOCIALIZACIÓN

Permitió reflejar los resultados en el proceso, logrando identificar la mejor alternativa conceptual, haciendo una retroalimentación de la información obtenida por medio del análisis hecho con las diferentes personas a cargo del proyecto.

Se realizaron reuniones con los líderes del área de mantenimiento, salud ocupacional, ingenieros de planta Pastas y producción donde se evaluó el funcionamiento y se mostró los aspectos ergonómicos y productivos que se podrían lograr si se realizará la implementación del sistema. Además, se realizó paralelamente un monitoreo del avance del proyecto con el ingeniero representante de la compañía aseguradora para la revisión de posibles mejoras.

7. MODELO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS

El modelo de prevención de riesgos permitió identificar y analizar las áreas que presentarían un alto índice de accidentalidad y a su vez reunir los factores que convertían la zona en un espacio crítico.

Se inició con un análisis sobre la accidentalidad ocurrida durante los años 2010 y 2011 debido a que los datos del año 2012 no se encontraban disponibles por parte de la empresa hasta ese momento. De acuerdo a la información suministrada, se encontró que la planta Harinera del Valle S.A. sede Cali es de prioridad, debido al número de reportes por accidentes y la severidad que es el número de días por incapacidad como consecuencia de los accidentes. Entre estos dos años se presentó un incremento del 1.48% dejando un total de 440 días de severidad, todo lo anterior se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Accidentalidad plantas de Harinera del Valle S.A.

PLANTA	Año 2010		Año 2011	
	NÚMERO DE REPORTES	SEVERIDAD No. DÍAS	NÚMERO DE REPORTES	SEVERIDAD No. DÍAS
Bogotá	10	131	15	125
Cali	29	205	43	235
Palmira	20	171	12	107
Villarrica	11	40	3	34
Distrito	8	53	12	134
Mamaia	11	19	15	32
Dagua	14	108	4	79
TOTAL	103	727	104	746

Fuente: Harinera del Valle S.A.

De los 72 accidentes ocurridos durante el 2010 y 2011 el 43% fue generado por riesgo mecánico, dando como resultado 31 accidentes. Del número de accidentes por riesgo mecánico, 23 sucedieron en el área de empaque pastas (Lugar donde se desarrolla el proyecto). Para conocer las causas y los efectos se tomó como partida la realización del formato de inspección para la prevención de riesgos logrando identificar las principales zonas críticas para los asociados.

Al evaluar el proceso en el área de pastas con el formato de inspección para máquinas y equipos con riesgo por atrapamiento se localizó que las líneas de empaque presentan mayor riesgo para los asociados (ver anexo 1. Formato de Inspección para máquinas y equipos).

De lo anterior se estableció que las líneas de empaque presentaban los siguientes problemas:

- Los elementos móviles siempre estaban en funcionamiento a pesar de que la guarda móvil no estuviera correctamente cerrada.
- Los dispositivos de protección no se encontraban bien instalados o eran manipulados por parte de los asociados,
- El operario no controlaba todas las zonas peligrosas, por lo que no existía una alarma acústica previa a la puesta en marcha de la máquina.
- La máquina no estaba provista de dispositivos de paro de emergencia suficientes que fueran accesibles desde cualquier punto de operación que pudiera generar riesgo.
- Los procedimientos no garantizaban al operario trabajar de forma segura, por lo que no se especificaba como efectuar sin riesgo la manutención, el riesgo a la instalación, la puesta en servicio, el mantenimiento y regulación.
- El mantenimiento del área se hacía de forma correctiva más no preventiva.
- El mal estado de algunas guardas fijas ocasionaban riesgos suplementarios por falta de mantenimiento o porque desde su fabricación no fueron sólidas y resistentes.
- Los dispositivos de bloqueo para candado no habían sido adquiridos y su importancia era para impedir el suministro eléctrico, hidráulico y neumático mientras se realizaban mantenimiento de las líneas.

8. PROCESO DE EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE CRITERIOS

8.1. OBTENCIÓN DE DATOS PRIMARIOS

Para obtener las necesidades, se utilizaron técnicas de recolección de datos como:

- Observación simple, que consistía en pasar de forma desapercibida para los asociados logrando visualizar sus actividades sin interrumpir el proceso.
- Entrevistas al personal que trabaja directamente en la zona (producción y mantenimiento).
- Charlas de sensibilización de riesgo mecánico para la obtención de información de manera clara y precisa obteniendo sugerencias hechas por los mismos operarios.
- Creación de un grupo de enfoque conformado por las áreas implicadas como lo era el personal de mantenimiento, Ingenieros de Pastas, Salud Ocupacional, ingenieros de producción, productividad e ingenieros de proyectos que permitieron analizar cada uno de los factores para que el sistema cumpliera con cada uno de los requisitos siendo eficiente funcionalmente, económico y disminuyera el riesgo por atrapamiento.

Listado de necesidades

El Diseño del sistema debe:

- Contar con una señal indicadora de fardo en posición para el traslado hacia la banda transportadora principal.
- Disminuir el esfuerzo de los operarios al momento de trasladar nuevamente los paquetes dañados a la línea de empaque.
- Evitar el desgaste físico de los operarios para el traslado de los paquetes de la banda transportadora alimentadora a la banda principal.
- Soportar el trabajo pesado del área, permitiendo varias horas de uso.
- Ser construido con materiales amigables con el medio ambiente.

- Cumplir con los diferentes requisitos para la prevención de riesgos por atrapamiento mecánico.
- Contar con una interfaz para su fácil manejo.
- Evitar la caída brusca de los paquetes que van hacia la banda transportadora principal.
- Permitir un fácil mantenimiento.
- Poseer un mecanismo que le garantice la fuerza necesaria para llegar hasta la banda transportadora principal.
- Ser fácil de instalar.
- Disminuir la cantidad de operarios necesarios en el proceso de empaque.
- Usar energía que contribuya con el fácil mantenimiento y bajos índices de costos.
- Ser económicamente viable (implementación).
- Garantizar la contribución a la minimización de la accidentalidad en la planta.
- Contribuir a la disminución de daños de paquetes.
- Trabajar con un sistema sincronizado para las seis líneas.
- Disminuir el tiempo invertido por los operarios para la recolección de paquetes dañados.
- Responder de forma rápida y eficiente para la activación de los actuadores.
- Cumplir con las limitaciones del espacio y su diseño y geometría será estéticamente la adecuada.

Listado de necesidades (Jerarquizadas y agrupadas)

Para ponderar las necesidades se utilizó una simbología donde el asterisco (*) refleja el nivel de importancia, siendo un asterisco como el más bajo y tres

asteriscos como el más alto. A demás a las necesidades identificadas como de gran importancia se le adiciono un signo de admiración (!).

❖ **Ventajas del mecanismo**

- Contar con una señal indicadora de fardo en posición, para el traslado hacia la banda transportadora principal. **!
- Disminuir la cantidad de operarios necesarios en el proceso de empaque. ***!
- Evitar la caída brusca de los paquetes que van hacia la banda transportadora principal. *
- Contribuir a la disminución de daños de paquetes. ***
- Disminuir el tiempo invertido por los operarios para la recolección de paquetes dañados. **
- Trabajar con un sistema sincronizado para las 6 líneas. ***
- Poseer un mecanismo que le garantice la fuerza necesaria para llegar hasta la banda transportadora principal. ***!

❖ **Relación con los usuarios.**

- Disminuir el esfuerzo de los operarios al momento de trasladar nuevamente los paquetes dañados a la línea de empaque. **
- Evitar el desgaste físico de los operarios para el traslado de los paquetes de la banda transportadora alimentadora a la banda principal. **!
- Contar con una interfaz para su fácil manejo. **
- Permitir un fácil mantenimiento. *
- Cumplir con las limitaciones del espacio y su diseño y geometría será estéticamente la adecuada. **
- Ser fácil de instalar. *

❖ **Ayuda a la prevención**

- Cumplir con los diferentes requisitos para la prevención de riesgos por atrapamiento mecánico. ***!
- Garantizar la contribución a la minimización de la accidentalidad en la planta. **!

❖ **Uso de materiales**

- Ser construido con materiales amigables con el medio ambiente. *
- Soportar el trabajo pesado del área, permitiendo varias horas de uso. **

❖ **Costos**

- Usar energía que contribuya con el fácil mantenimiento y bajos índices de costos. **!
- Ser económicamente viable (implementación). **!

8.2. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Las especificaciones de un producto permitieron recoger la información para identificar las características técnicas del sistema a desarrollar, es decir, se establecieron las funciones del dispositivo, se asignaron unas métricas, unas unidades (indican la forma de medición) y la importancia que tiene durante el desarrollo. En la tabla número 1 se encuentran las especificaciones y su importancia se califica de 1 a 5, siendo 5 como la de mayor interés y 1 como la de menor importancia para la empresa.

Tabla 1. Descripción del sistema

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO				
NUM	NECESIDAD	MÉTRICA	IMPORTANCIA	UNIDADES
1	17	Sincronización	4	S
2	4,10	Carga máxima para desplazamiento	4	Kg
3	4,20	Tamaño del Equipo	3	m

4	13	Consumo energético	4	Watts
5	1,7	interacción usuario	4	Subj
6	5	Cumplimiento con las normas ambientales	2	Calificación
7	11,12,13,14,18	Costo de producción	5	\$
8	4,5	Masa total	2	Kg
9	9,13	Herramientas para mantenimiento	3	Lista
10	6,15	Seguro (Sistema de recolección)	5	Subj
11	17,19	Tiempo de respuesta del dispositivo	5	ms
12	9,11	Tiempo de ensamblaje	3	S
13	4	Resistencia al impacto	3	N/m
14	2,3	Ergonómico	5	Calificación
15	1,8,10,16	Seguro (producto)	5	Subj

8.3. DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL

8.3.1. Descripción del producto. Diseño de un mecanismo automático para la recolección de fardos en cada una de las 6 líneas de empaque del área de Pastas en la Harinera del Valle S.A.

8.3.2. Función. Trasladar los paquetes provenientes de las bandas transportadoras alimentadoras de las líneas de empaque, hasta la banda transportadora principal sin el riesgo de un posible daño de producto o al personal.

8.3.3. Necesidades

- Indicar señal de fardo proveniente de líneas de empaque anteriores.
- Disminuir la cantidad de operarios necesarios en el proceso de empaque.
- Minimizar la cantidad de daños de paquetes.
- Disminuir el tiempo invertido por los operarios para la recolección de paquetes dañados.

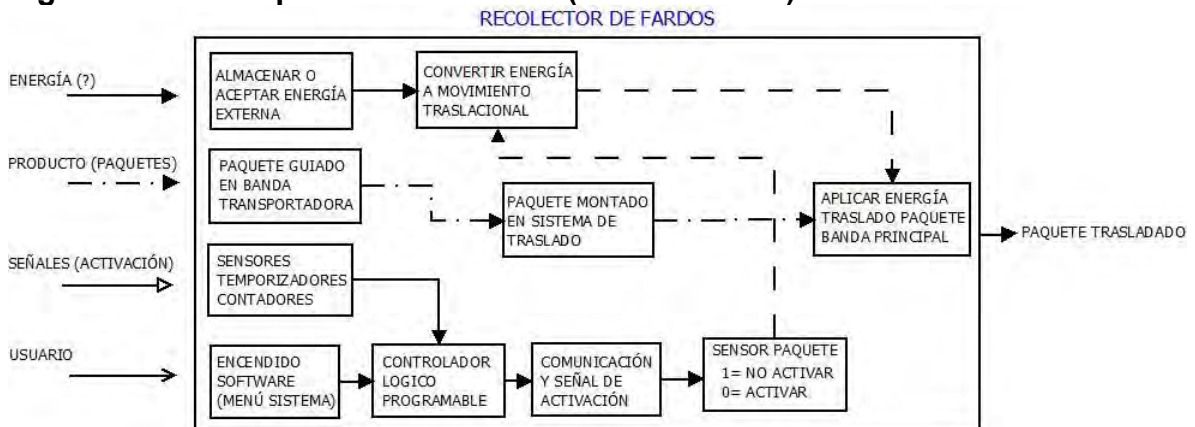
- Evitar el desgaste físico de los operarios por el traslado de los paquetes de la banda transportadora alimentadora a la banda principal y además el envío de los paquetes dañados hasta el inicio de la línea de empaque.
- Cumplir con los diferentes requisitos para la prevención de riesgos por atrapamiento mecánico.
- Soportar el trabajo pesado del área, permitiendo varias horas de uso.
- Usar energía que contribuya con el fácil mantenimiento y bajos índices de costos.

8.3.4. Descomposición funcional del producto. La descomposición funcional consistió en representar el problema como una caja negra, para esto se subdividió en el material a utilizar, la energía y el flujo de señales. Luego se analizó las subfunciones y se describió que tenía que hacer cada una para implementar la función principal (ver figura 8 y 9).

Figura 8. Caja negra del recolector de fardos



Figura 9. Descomposición funcional (subfunciones)

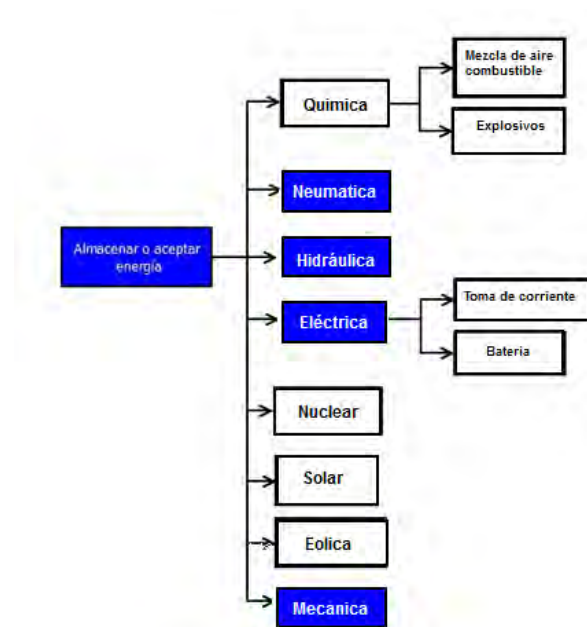


8.3.5. Conceptos generados por las subfunciones. De acuerdo a la descomposición funcional se realizó la generación de conceptos que permitieron organizar y sintetizar toda la información que se obtuvo gracias a la búsqueda tanto interna como externa.

8.3.6. Árbol de clasificación. El árbol de clasificación es una herramienta que permitió seleccionar el concepto que se adaptaba mejor a las necesidades y especificaciones del producto. Aquí se evaluó el tipo de energía y el sensor a utilizar.

❖ **Energía.** En la figura 10 se encuentran los tipos de energías utilizadas para almacenar o para accionar los actuadores y su uso depende del sistema y del lugar donde se vaya a utilizar, para el proyecto las energías recomendadas son la neumática, hidráulica, eléctrica y mecánica por los bajos costos y la fácil obtención dentro de la planta. Las energías auto recargables no son tomadas en cuenta debido al sitio donde será implementado el sistema de recolección de fardos.

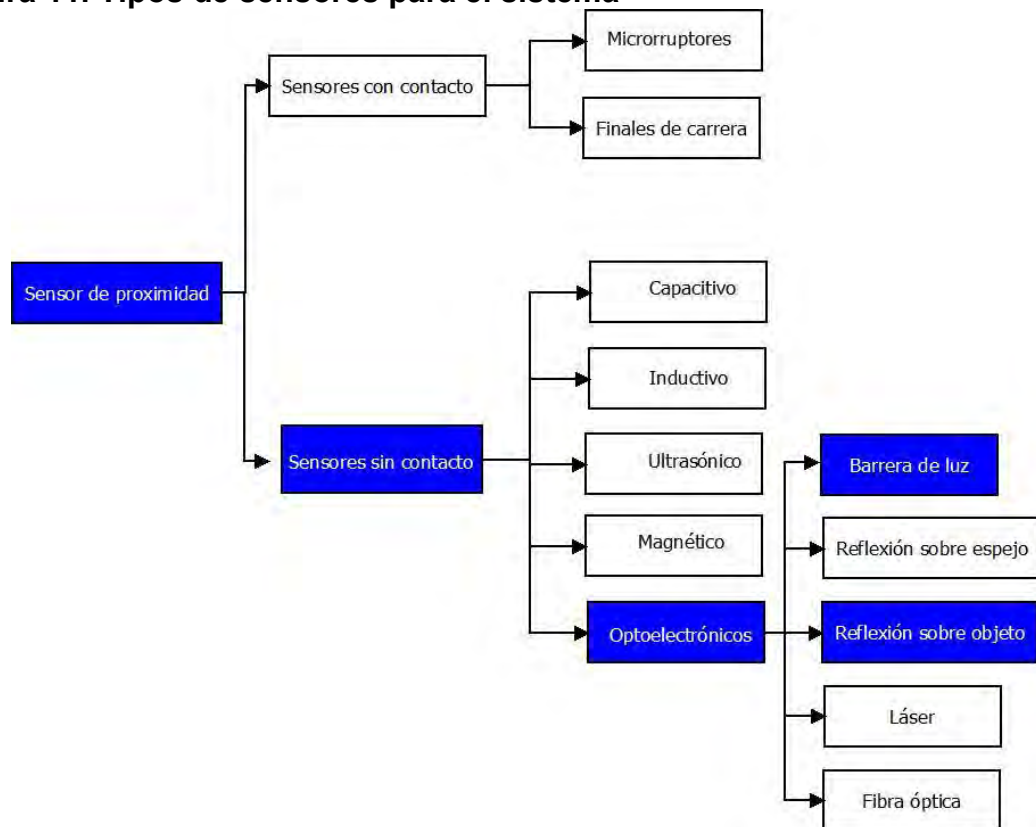
Figura 10. Tipos de energía para el sistema



❖ **Sensores de proximidad.** Los conceptos corresponden a diferentes formas de detectar un objeto (ver figura 11). Para el caso del sistema de recolección de fardos no es viable utilizar sensores de contacto ya que los paquetes no presentan una alineación en la banda y se hace complicado su activación por medio físico. Los sensores sin contacto permiten detectar el objeto

a distancia, permiten versatilidad en su uso detectando también la velocidad, aceleración e inclinación si es necesario. Los sensores capacitivos se emplean en materiales que sirvan como medio dieléctrico o conductor y su distancia de detección es reducida haciéndolo poco eficiente para la aplicación. El sensor inductivo solo sirve para detectar objetos metálicos. Los sensores ultrasónicos y magnéticos se emplean para casi todo tipo de materiales y el medio de detección no interfiere en los sensores, su distancia es buena pero los costos son elevados y son empleados para obtener muy buena sensibilidad dejándolos de lado para este tipo de proyecto [13].

Figura 11. Tipos de sensores para el sistema



Los sensores opto electrónicos permiten detectar cualquier tipo de materiales a una distancias considerables. Para el sistema los sensores de barreras de luz y los de reflexión sobre objetos sobre salen ya que son fáciles de instalar y apropiados para zonas industriales, por lo tanto son de gran interés. Los laser, fibra óptica y reflexión de espejo también se pueden utilizar pero son más costosos y su implementación aumenta su valor.

8.4. GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE CONCEPTOS

La generación de conceptos tenía como objetivo plantear todas las posibles soluciones que cumplan con las necesidades identificadas. Seguido por una etapa de selección que permitió tamizar y calificar los conceptos. La matriz se basa en las necesidades ponderadas del cliente, en la participación de todo el equipo de la organización para la selección de los conceptos y combinación de los mismos, lo cual permitió eliminar factores arbitrarios o personales dentro de la selección.

8.4.1. Conceptos generados

Concepto A. Banda transportadora (Canjilones de Arrastre).

Modo de funcionamiento

Al accionarse un pulsador, este activa un motor que al girar genera una fuerza moviendo el sistema de transmisión por cadena. Este sistema arrastra la banda transportadora a una velocidad entre 0.5-30 m/s haciendo que el fardo sea trasladado de un lugar a otro por medio de canjilones de arrastre (ver figura 12). El sistema estará inclinado permitiendo llegar directamente a la banda principal. Para la sincronización de las líneas se utilizará un sensor de proximidad por cada banda alimentadora siendo un total de seis.

Tabla 2. Características técnicas concepto A

Dimensión (m) A*L	Velocidad (m/s)	Accionamiento	Motorización	Elemento transportador
0.6*1	0.5-30	Motorreductor corona-sinfín, engranajes cónicos	Arranque directo, transmisión por cadena	PVC estándar, FOOD alimentación

Figura 12. Banda transportadora canjilones de arrastre



Fuente: Cintas – transportadoras [en línea]: elevadores. España: Camprodón. 2012 [consultado el 16 de Noviembre del 2012]. Disponible en internet en: <http://www.camprodon.biz/catalog/cintas-transportadoras/elevadores.html>

Ergonomía: El sistema elimina el riesgo por enfermedades laborales ya que no existe intervención de operarios durante el proceso. Se evitan los esfuerzos generados por el traslado de paquetes a la banda principal y a la empaquetadora cuando son dañados los fardos.

Costos: El sistema permite utilizar partes de la estructura ya implementada en la empresa, como lo son los rodillos y el acople del motorreductor, se evitan los tiempos muertos, los accidentes de trabajo y el pago al personal por reemplazos, horas extras, entre otras. Todo lo anterior permite obtener una reducción del precio, pero, se genera un sobre costo por la necesidad de implementar 6 sensores, el aumento de entradas al PLC y el cableado.

Seguridad: Al ser simple el sistema permite implementar guardas de seguridad para alejar las zonas de riesgo. Los órganos de accionamiento son los ya implementados en la empresa.

Espacio disponible: El tamaño de la banda es de ancho 0.6m y de largo 1m, cumpliendo con el área disponible para cada una de las líneas. Su inclinación se adapta al nuevo diseño ya que permite estar entre 10° y 60°.

Confiabilidad: Al llegar directamente a la banda principal se generan problemas de posicionamiento del paquete ya que la banda genera una fuerza perpendicular a la dirección del fardo produciendo daños en la lámina bien sea en el momento de caída o durante el recorrido por la banda hasta bodega, lo que generaría la necesidad de tener una persona que revise la posición del fardo durante el recorrido.

Mantenimiento: La banda transportadora al eliminar el sistema neumático permite ahorrar, ya que no se generan gastos para el cambio de filtros, mangueras y tuberías, así como también el ahorro de energía por descartar el uso de compresor y tanque de almacenaje.

Concepto B: Empujador Neumático.

Modo de funcionamiento

Consiste en adicionar al sistema actual un cilindro neumático, este cilindro por medio de unas pestañas empujaran el fardo hacia la banda transportadora principal en el momento de que el abatible se incline. El objetivo de las pestañas es ayudar a bajar los fardos debido a que no todas las referencias producidas en el área de pastas son capaces de llegar a la banda principal solo por la fuerza de gravedad (ver figura 13).

Tabla 3. Características técnicas concepto B

Tipo	Funcionamiento	Émbolo Diámetro (mm)	Fuerza a 6 bar en avance	Carrera	Amortiguación
Cilindro neumático	Doble efecto	16-25	147N	100mm	Anillos/placas de amortiguación elásticos

Figura 13. Empujador neumático



Fuente: Transportadores extensibles [en línea]: Elevación, manipulación y transportadores. España: Mecalux Logismarket. 2012 [consultado el 01 de Octubre del 2012]. Disponible en internet: <http://www.aedaconveyors.com/manutencion/c/56/0/0/Empujadores-neumaticos.htm>

Ergonomía: El sistema disminuye el riesgo por enfermedades laborales más no lo elimina porque la potencia del motor de la banda transportadora alimentadora no es suficiente para montar el fardo al abatible.

Costos: El sistema permite utilizar partes de la estructura ya implementada en la empresa, como lo son los rodillos y el acople del motorreductor, se evitan los tiempos muertos, los accidentes de trabajo y el pago al personal por reemplazos, horas extras, entre otras. Todo lo anterior permite obtener una reducción del precio, pero, se genera un sobre costo por la necesidad de implementar 6 sensores, entradas al PLC, cableado y la adquisición de 6 cilindros neumáticos al sistema.

Seguridad: El sistema aumenta las zonas de riesgo por atrapamiento e impacto generando riesgo para los operarios. Los órganos de accionamiento son los ya implementados en la empresa.

Mantenimiento: Se generan costos adicionales por aumentar elementos que trabajan con sistemas neumáticos. El cambio de filtros, mangueras y tuberías, así como también el uso del compresor y tanque de almacenaje. El motor que se tiene actualmente no sirve ya que no tiene la suficiente potencia de mover la banda transportadora del horno con la banda transportadora del elevador.

Espacio disponible: El mecanismo no presenta problemas porque se trabajaría sobre la estructura actual permitiendo no sobrepasar el área disponible para cada una de las líneas.

Confiabilidad: El empujador neumático garantizaría el traslado de los fardos del sistema abatible a la banda principal, pero no la tracción que necesita el fardo para ir de la banda alimentadora al sistema abatible haciendo que el operario tenga que intervenir en el proceso.

Concepto C: Diseño empujador lateral eléctrico.

Modo de funcionamiento

Consiste en generar potencia por medio de un motor eléctrico. Al girar, mueve un eje que contiene ruedas dentadas, estas ruedas permiten transmitir el movimiento giratorio entre dos ejes paralelos que contienen una cadena. En la cadena van dos empujadores situados en sitios estratégicos que se encargan de arrastrar los fardos de la banda alimentadora al abatible. Para obtener un buen funcionamiento

es necesario que el sistema esté ubicado a ambos lados de la banda para así lograr un mayor control y se genere mayor fuerza de arrastre.

Tabla 4. Características técnicas concepto C

Dimensión (m) ancho*largo	Velocidad (m/s)	Accionamiento	Motorización	Elemento transportador
0.6*1.2	0.5-30	Motorreductor	Variador de velocidad, transmisión por cadena	Pestañas metálicas recubiertas con un polímero

Ergonomía: El sistema elimina el riesgo por enfermedades laborales ya que no existe intervención de operarios durante el proceso. Se evitan los esfuerzos generados por el traslado de paquetes a la banda principal y a la empaquetadora cuando son dañados los fardos.

Costos: El sistema permite utilizar partes de la estructura ya implementada en la empresa, como lo son los rodillos y el acople del motorreductor, se evitan los tiempos muertos, los accidentes de trabajo y el pago al personal por reemplazos, horas extras, entre otras. Todo lo anterior permite obtener una reducción del precio, pero, se genera un sobre costo por la necesidad de implementar 6 sensores, el aumento de entradas al PLC, cableado y la modificación de la estructura para colocar el sistema de cadena lateral.

Seguridad: El sistema es complejo y presenta riesgo por atrapamiento ya que deja en el exterior de la estructura una cadena para la transmisión, es necesario diseñar una guarda que aleja de la zona de riesgo al operario.

Espacio disponible: El mecanismo no presenta problemas porque se trabajaría sobre la estructura actual permitiendo no sobrepasar el área disponible para cada una de las líneas.

Confiabilidad: El empujador neumático garantizaría la tracción que necesita el fardo para ir de la banda alimentadora al sistema abatible pero no la del traslado del abatible a la banda principal, generando que el operario tenga que intervenir en el proceso.

Mantenimiento: La banda transportadora al eliminar el sistema neumático permite ahorrar, ya que no se generan gastos para el cambio de filtros, mangueras y tuberías, así como también el ahorro de energía por descartar el uso de compresor y tanque de almacenaje.

Concepto D: Diseño Retenedor cilindro neumático.

Modo de funcionamiento

El sistema contará con una banda transportadora de rodillos de 1.2m inclinada 18°, que ira desde la salida del horno hasta la banda transportadora principal. En medio de la banda (0.6m) ira un cilindro eléctrico con una pestaña que al accionarse saldrá por medio de los rodillos y parara el fardo cada vez que venga un paquete de la línea anterior.

Tabla 5. Características técnicas concepto D

Tipo	Datos técnicos	Velocidad máxima m/s	Fuerza continua en avance N	Carrera	Paso de rosca del husillo
Cilindro eléctrico con husillo de accionamiento	vástago anti giro, ángulo de giro máximo vástago 0.30°	0.5	147	100mm	"10" P

Ergonomía: El sistema elimina el riesgo por enfermedades laborales ya que no existe intervención de operarios durante el proceso. Se evitan los esfuerzos generados por el traslado de paquetes a la banda principal y a la empaquetadora cuando son dañados los fardos.

Costos: El sistema permite utilizar partes de la estructura ya implementada en la empresa, como lo son los rodillos y el acople del motorreductor, se evitan los tiempos muertos, los accidentes de trabajo y el pago al personal por reemplazos, horas extras, entre otras. Todo lo anterior permite obtener una reducción del precio, pero, se genera un sobre costo por la necesidad de implementar seis sensores, el aumento de entradas al PLC, cableado y la inversión para adquirir seis cilindros eléctricos.

Seguridad: Al ser simple el sistema permite implementar guardas de seguridad para alejar las zonas de riesgo. Los órganos de accionamiento son los ya implementados en la empresa.

Espacio disponible: Al estar el sistema implementado por debajo de la banda transportadora no existen problemas con el área de trabajo.

Confiabilidad: Al llegar directamente a la banda principal se generan problemas de posicionamiento del paquete ya que la banda genera una fuerza perpendicular a la dirección del fardo produciendo daños en la lámina bien sea en el momento de caída o durante el recorrido por la banda hasta bodega, lo que generaría la necesidad de tener una persona que revise la posición del fardo durante el recorrido. Al trabajar con una pestaña que sobresale al accionarse el cilindro existe la probabilidad de daño de fardo por desgarre del paquete.

Mantenimiento: La banda transportadora al eliminar el sistema neumático permite ahorrar, ya que no se generan gastos para el cambio de filtros, mangueras y tuberías, así como también el ahorro de energía por descartar el uso de compresor y tanque de almacenaje.

8.4.2. Matriz de selección. Se tomó como referencia el sistema recolector actual (Abatible). Para evaluar los criterios se realizó de la siguiente forma: (+) Mejor que, (0) Igual que, (-) Peor que (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz de selección sistema recolector

		EVALUACIÓN DE CONCEPTOS				
CRITERIOS DE SELECCIÓN		A	B	C	D	Referencia
Indicar señal de fardo proveniente de líneas de empaque anteriores.		+	+	+	+	0
Disminuir la cantidad de operarios necesarios en el proceso de empaque.		+	0	+	+	0
Soportar el trabajo pesado del área, permitiendo varias horas de uso.		0	0	0	0	0
Evitar el desgaste físico de los operarios por el traslado de paquetes.		+	0	+	+	0
Minimizar la cantidad de daños de paquetes.		+	-	+	0	0
Cumplir con los diferentes requisitos para la prevención de riesgos por atrapamiento mecánico.		+	+	0	+	0
Fácil instalación.		0	0	-	0	0
Usar energía que contribuya con el fácil mantenimiento y bajos índices de costos.		+	-	-	+	0
Asequible para el usuario - costos.		+	-	-	0	0
Retorno de la inversión.		+	-	0	+	0
		Positivos	8	2	4	6
		Iguales	2	4	3	4
		Negativos	0	4	3	0
		Total	8	-2	1	6
		Orden	1	4	3	2

8.4.3. Matriz de evaluación de conceptos. Se tomó como referencia el sistema actual de la empresa. Se evaluó cada uno de los criterios de selección asignándole un valor y un porcentaje ponderado; (1) Mucho peor que, (2) Peor que, (3) Igual a, (4) Mejor que, (5) Mucho mejor que.

Concepto E. Rediseño banda transportadora.

Modo de funcionamiento

Consistió en la modificación del sistema actual. Para lograr que el fardo llegue hasta el abatible, el sistema de transmisión será independiente de la banda del horno, compuesta por un motorreductor que al ser activado genera movimiento a dos ejes paralelos logrando transformar el movimiento rotacional en movimiento lineal gracias al avance de la banda obteniendo mayores velocidades y logrando controlarla de acuerdo a las diferentes referencias. La banda transportadora alimentadora tendrá una cinta de PVC sin termosellados para reducir los costos sin desmejorar la tracción necesaria para mover los paquetes.

Se tendrá una banda principal con un ancho de 0.6m para lograr que todas las referencias puedan ser transportadas. En los sistemas abatibles se pondrán sensores de proximidad para que el sistema sea eficiente y no genere sobre costos por gasto de energías (eléctrica y neumática) durante el tiempo de producción.

Tabla 6. Características técnicas concepto E

Dimensión (m) ancho*largo	Velocidad (m/s)	Accionamiento	Motorización	Elemento transportador
0.6*1	0.5-30	Motorreductor corona-sinfín, engranajes cónicos	Arranque directo, transmisión por cadena	PVC estándar, FOOD alimentación

Ergonomía: El sistema elimina el riesgo por enfermedades laborales ya que no existe intervención de operarios durante el proceso. Se evitan los esfuerzos generados por el traslado de paquetes a la banda principal y a la empaquetadora cuando son dañados los fardos.

Costos: La estructura del sistema actual sirve para el rediseño, los cambio a realizar no afectan el funcionamiento y los costos son bajos, además con el

adecuado funcionamiento se evitarán los tiempos muertos, los accidentes de trabajo y el pago al personal por reemplazos, horas extras, entre otras. Todo lo anterior permite obtener una reducción del precio, pero, se genera un sobre costo por la necesidad de implementar el nuevo sistema de transmisión, sensores, el aumento de entradas al PLC y cableado.

Seguridad: Al ser simple el sistema permite implementar guardas de seguridad para alejar las zonas de riesgo. Los órganos de accionamiento son los ya implementados en la empresa.

Espacio disponible: El tamaño de la banda es de ancho 0.6m y de largo 1m, cumpliendo con el área disponible para cada una de las líneas.

Confiabilidad: El sistema del abatible se modificará para dejar caer los paquetes a la banda a una altura de 20 cm evitando que se generen problemas por las fuerzas ejercidas desde la banda principal y el choque generado cuando vienen paquetes de líneas anteriores. Por esta razón no existe el problema de mantener una persona pendiente por el daño de lámina de fardos.

Mantenimiento: La sistema trabajará con cilindros eléctricos permitiendo una disminución al eliminar el sistema neumático, ya que no se generan gastos para el cambio de filtros, mangueras y tuberías, así como también el ahorro de energía por descartar el uso de compresor y tanque de almacenaje.

Con la generación del nuevo concepto se procedió a calcular la matriz de evaluación nuevamente. El objetivo de este paso era determinar si la integración de conceptos permitía crear nuevas ideas que fueran satisfactorias al momento de ser evaluadas con las diferentes necesidades y posteriormente concentrar cuál de las soluciones generadas es la óptima para comenzar con el proceso de diseño.

9. DISEÑO DE LA OPCIÓN SELECCIONADA

Para el manejo de materia prima o productos acabados, la elección del medio de transporte debe satisfacer que a igualdad de volumen transportado se obtengan un menor costo y permita una flexibilidad del tipo de producto a llevar. Las bandas transportadoras permiten trasladar de forma continua el producto con una velocidad deseada en un tiempo establecido siendo eficiente siempre y cuando se tenga un mantenimiento adecuado de la cinta y de las partes móviles que la componen. Para la etapa de diseño se realizó una búsqueda interna que arrojó los siguientes parámetros.

9.1. BÚSQUEDA DE PARÁMETROS

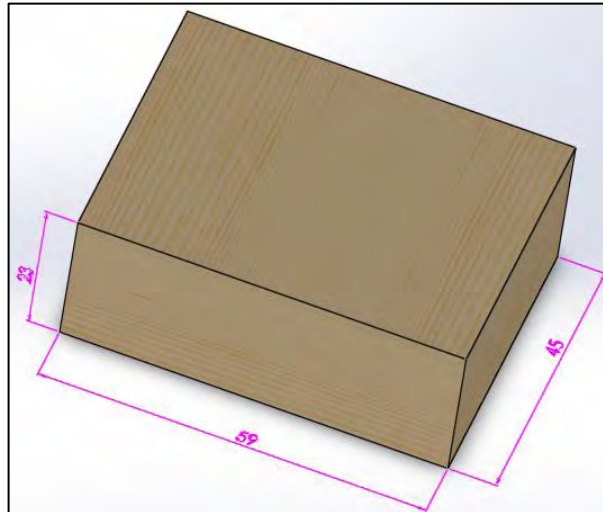
Para el diseño de la banda se tomó como primer paso la identificación de las referencias críticas producidas por la empresa de acuerdo a su tamaño, peso y volumen. En el Cuadro 3 se encuentra la información recogida que permitió como primer parámetro establecer las causas del porque los fardos no llegan hasta el sistema abatible y así definir si la geometría de la banda y el sistema de transmisión contempla todas las referencias de las líneas de empaque.

Cuadro 3. Parámetros para cálculo de banda transportadora

LÍNEA DE EMPAQUE	FARDOS											
	PESO (Kg)		ALTO (cm)		ANCHO (cm)		LARGO (cm)		VOLUMEN (cm ³)		PRODUCCION kg/h	TIPO
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
PASTA CORTA	0.75	12	12	23	45	59	15	50	9,8	38,4	2400	Termo formado
PASTA LARGA	1	12	8.5	15	26	31	28	28	6,2	13,0	1500	Termo formado

La información suministrada permitió definir el tamaño del fardo para la etapa de diseño y sus dimensiones son las siguientes: Largo 50cm Ancho 59cm y Alto 23cm. Para visualizar la geometría del paquete ir a la figura 14. A demás se determinó que la cantidad de producción aproximadamente es de 2400Kg/h con un total de 200 fardos.

Figura 14. Dimensiones del fardo



Para el cálculo de las velocidades de la banda, la potencia de accionamiento y las tensiones es necesario obtener información sobre los tiempos y la velocidad de los paquetes por minuto (ver tabla 7).

Tabla 7. Velocidad promedio de acuerdo a las referencias

REFERENCIAS (unidades)	VELOCIDAD paquete/minuto	FRECUENCIA fardos/minuto
48	95-100	2-3
24	80-90	3-4
12	70-77	6-7
6	45-48	8-9

9.2. DISEÑO BANDA TRANSPORTADORA

La búsqueda de parámetros estableció especificaciones que tienen por objetivo facilitar los cálculos para el diseño de las bandas transportadoras y la selección del motor.

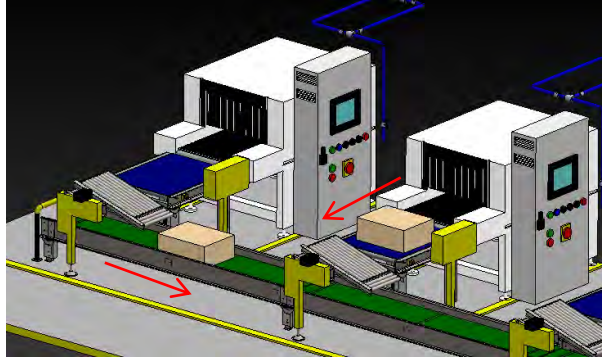
9.2.1. Cálculo cinta transportadora

- **Ancho de la banda [14]**

Calcular el ancho es necesario para constatar si las bandas alimentadoras y la banda principal permiten transportar las referencias de mayor volumen. Las dimensiones del fardo son de Largo*Ancho*Alto (45cm*59cm*23cm).

Teniendo en cuenta que el paquete al caer a la banda principal cambia su orientación longitudinal a transversal, es decir, cambia su dirección 90°, origina que el cálculo a realizar se haga con los 50cm de longitud; lo anterior se observa en la figura 15.

Figura 15. Orientación del fardo

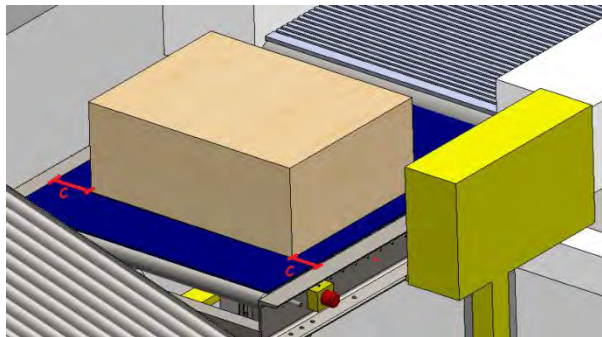


Las bandas alimentadoras no tienen problema para el transporte de los fardos pero la banda principal tiene un ancho de 55cm lo que origina que durante el recorrido el paquete sufra daños por el arrastre de la lámina con los laterales de la banda; Por este motivo se procedió a calcular:

- **Cálculo de la Holgura de la banda [14]**

La ecuación 1 permite obtener un margen de espacio aproximado para impedir que el material a transportar sobre pase la medida o se generen daños del paquete por arrastre contra las paredes de la banda. En la figura 16 se observa la distancia a calcular.

Figura 16. Holgura



Ecuación 1. Cálculo de holgura

$$C = 0.055(B + 0.9)$$

Dónde:

C=Holgura de la banda (plg)

B= Ancho de la Banda (plg)

$$C = 0.055(19.7 + 0.9) = 1.4plg = 3.5\text{ cm}$$

Con el fin de diseñar la banda principal se utilizó la ecuación 2 para calcular el ancho mínimo que debería tener la cinta para el transporte de paquetes.

Ecuación 2. Ancho de banda

$$\text{Ancho Plano} = \text{Ancho paquete} + (2 * C) = 50\text{cm} + (2\text{cm} * 3.5) = 57\text{cm}$$

De acuerdo a los tamaños ya estandarizados de las bandas transportadoras el ancho de la banda será de 60cm.

- **Velocidad de la banda [14]**

Para determinar la velocidad se tiene como requerimiento de que el fardo sea trasladado hasta la banda principal antes de que el paquete siguiente en la línea de producción salga del enfardado.

La ecuación 4 permitió hallar la velocidad máxima de la banda que tiene como frecuencia de salida 8 fardos por minuto a una distancia entre uno y otro fardo de 1.2m. Para estimar el tiempo de salida de cada fardo ver la ecuación 3.

Ecuación 3. Frecuencia máxima

$$\text{Frecuencia máxima} = \frac{60s}{8 \text{ fardos}} = 7.5 \frac{s}{\text{fardo}}$$

Ecuación 4. Cálculo de velocidad máxima

$$\text{Velocidad máxima} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}} = \frac{1.2\text{ m}}{7.5\text{ s}} = 0.16 \frac{m}{s}$$

Para evitar trabajar en el punto crítico se tomará una velocidad de 0.2m/s permitiendo en el futuro trabajar a velocidades más altas.

Para evitar atasques por la cantidad de producción se calculó la velocidad mínima que debería tener la banda. Se inició calculando el volumen que es capaz de transportar la cinta en todo su recorrido; Para lo anterior se observa en la ecuación 5 que es necesario tener el área de los fardos y la longitud de la banda.

Ecuación 5. Cálculo de la cinta completamente cargada

$$V_c = L * A$$

Dónde:

Vc= volumen cinta completamente cargada (m³)

L= Longitud de la banda (m)
A= Área del material (m²)

$$\text{Área} = 0.43\text{m} * 0.23\text{m} = 0.1\text{m}^2$$

$$Vc = 1.2\text{m} * 0.1 = 0.12\text{m}^3$$

La ecuación 6 determina la capacidad volumétrica en un tiempo estimado de una hora que tiene la banda. Para establecer el valor se tiene como requerimiento transportar 2400 Kg/h de pasta y un peso por fardo de 12Kg.

Ecuación 6. Capacidad volumétrica por hora

$$cap = \frac{\text{Total Producción} * Vc}{\text{Peso Fardo}} = \frac{2400 * 0.12}{12} = 24 \frac{\text{m}^3}{h}$$

$$cap = \text{Capacidad volumetrica cinta por hora} \frac{\text{m}^3}{h}$$

Conociendo el volumen que es capaz de transportar la cinta y el volumen de producción en una hora se establece la cantidad de fardos que se tienen que transportar para impedir que se presenten daños y/o atasques (ver ecuación 7).

Ecuación 7. Numero de fardos por hora

$$N^{\circ} \text{ veces} = \frac{cap}{vc}$$

$$N^{\circ} \text{ veces} = \frac{24}{0.12} = 200 \frac{\text{Fardos}}{h}$$

En la ecuación 8 se calculó la velocidad mínima.

Ecuación 8. Cálculo de velocidad mínima

$$\text{Velocidad Minima} = N^{\circ} \text{ veces} * L$$

$$\text{Velocidad Minima} = 200 * 1.2 = 240 \frac{m}{h} * \frac{1h}{3600s} = 0.06 \frac{m}{s}$$

• Diámetro de los rodillos

Para el transporte del producto y para cumplir con los espacios entre rodillos se decide calcular el diámetro mínimo que deben tener los rodillos (ver ecuación 9).

Ecuación 9. Cálculo Diámetro mínimo de los rodillos

$$Dmin = \frac{360 * F}{P * \pi * \varphi * \beta}$$

P= Capacidad de transmisión tambores banda (Kg/m²)

φ = Angulo de arrollamiento (grados)

β = Ancho de banda

$$D_{min} = \frac{360 * 52.5}{1150 * \pi * 210 * 0.6} = 0.04m$$

9.2.2. Cálculo motor [15]

- **Potencia de accionamiento**

El cálculo de la potencia de accionamiento se desglosa en cuatro componentes, donde cada uno interviene de acuerdo a la actividad que se esté realizando bien sea para mover la banda descargada, para vencer los rozamientos y la elevación de carga.

- **Potencia necesaria para mover la banda descargada (N1)**

Esta potencia depende del peso de las partes móviles como los rodillos, tambores y la propia cinta transportadora, el coeficiente de fricción que tiene por objetivo compensar los efectos por el aumento de la resistencia originada por la suciedad en cojinetes y rodamientos, además se considera la inclinación, longitud y la velocidad de la banda, todo lo anterior se observa en la ecuación 10.

Ecuación 10. Cálculo de potencia necesaria para mover banda descargada

$$N1(CV) = \frac{C * f * L * V * Gm}{75} = \frac{C * f * L * V}{75} * (2 * Gg * \cos \delta + Gs + Gi)$$

Dónde:

C= Coeficiente en función de la longitud de transporte

f= Coeficiente de rozamiento en los rodillos de soporte de la banda

V= Velocidad de la banda

Gg= Peso por metro líneas de banda

δ = Ángulo de inclinación del transporte

Gs= Peso de las partes giratorias de los rodillos soporte en el ramal superior

Gi= Peso de las partes giratorias de los rodillos soporte en el ramal inferior

Se inicia con la recolección de datos como lo son los coeficientes. El coeficiente en función de la longitud de transporte se encuentra en el anexo B; Como la tabla solo proporciona hasta longitudes mínimas de 3m se realizó una interpolación dando como resultado 11.5.

En el anexo C se encuentra el valor del coeficiente de rozamiento en los rodillos de soporte de la banda; Para el tipo de banda a diseñar es de cojinete por rodamiento y su estado se estimó de modo normal obteniendo 0.020.

La ecuación 11 determina el peso por metro lineal de la banda, para esto se tomó como referencia el peso de las bandas ya instaladas en algunas líneas de empaque.

Ecuación 11. Peso por metro líneas de banda

$$Gg = \frac{\text{Peso banda}}{\text{longitud banda}} = \frac{4Kg}{2.8m} = 1.4 \frac{kg}{m}$$

Posteriormente en la ecuación 12 se calculó el peso de las partes giratorias de los rodillos en el ramal superior. El peso de las partes giratorias de los rodillos en el ramal inferior no se tiene en cuenta para efectos de cálculo ya que no existen rodillos en esta zona por ser una banda de longitud reducida y transportar paquetes con poco peso.

Para el cálculo del peso de las partes móviles, se cuenta con 17 rodillos de 2.5Kg c/u y dos tambores de 6kg c/u.

Ecuación 12. Peso partes giratorias ramal superior

$$Gs = \frac{\text{Peso total rodillos} + \text{Peso tambores}}{L} = \frac{(2.5Kg * 17) + (6Kg * 2)}{1.2m} = 45.4 \frac{kg}{m}$$

Ahora se procede a calcular la potencia necesaria para mover la banda descargada de acuerdo a la ecuación 10.

$$N1 = \frac{11.5 * 0.020 * 1.2 * 0.2}{75} * (2 * 1.4 * \cos 0 + 45.4 + 0) = 0.035CV$$

- **Potencia necesaria para vencer la resistencia de rozamiento al movimiento de la carga (N2)**

Esta potencia depende del peso de la carga a transportar, del coeficiente de fricción que tiene por objetivo compensar los efectos por el aumento de la resistencia originada por la suciedad en cojinetes y rodamientos, además también tiene en consideración el ángulo de inclinación y longitud de la banda (ver ecuación 13).

Ecuación 13. Potencia necesaria para vencer la resistencia de rozamiento carga.

$$N2 = \frac{C * f * L * Qt * \cos \delta}{270} = \frac{11.5 * 0.020 * 1.2 * 2.7 * \cos 0}{270} = 2.8 * 10^{-3}CV$$

Dónde:

Qt= Capacidad de transporte T/h

De acuerdo al aumento de la velocidad a 0.2m/s se estimó que la capacidad de transporte máxima sería de 2700 Kg/h o 2.7 T/h.

- **Potencia necesaria para accionar descargas intermedias (NT)**

Para una descarga intermedia en una banda de ancho de 0.6m el valor es de 0.1. En la ecuación 14 se calculó la potencia total necesaria y se halló sumando todas las potencias anteriormente encontradas.

Ecuación 14. Potencia total necesaria (NA)

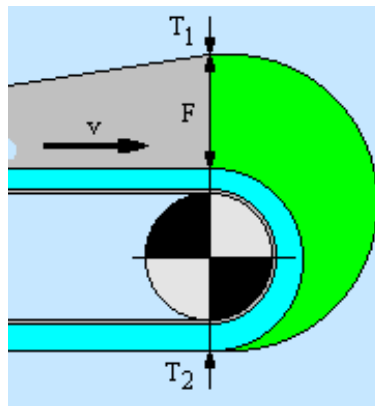
$$NA = N1 + N2 + NT$$

$$NA = 0.14CV = 0.10Kw = 0.13HP$$

- **Cálculo de Tensiones [16]**

Después de obtener la potencia de accionamiento, se procede a calcular la fuerza de accionamiento sobre el tambor motriz. Esta fuerza es generada por la diferencia entre las tensiones de entrada y salida de la banda, que dependen del coeficiente de rozamiento (ver figura 17).

Figura 17. Diagrama de tensiones tambor motriz



Fuente: Cálculos [en línea]: cálculos bandas transportadoras. España: KAUMAN S.A. 2012 [consultado el 06 de Enero del 2013]. Disponible en internet en: http://www.kauman.com/es/products/calc_tensiones_es.asp

- **Fuerza necesaria de accionamiento (F)**

La fuerza necesaria de accionamiento se calculó en la ecuación 15 y su importancia se debe a que es la fuerza que debe ejercer el motor para dar inicio al

movimiento de la banda dependiendo de la potencia total necesaria y su velocidad.

Ecuación 15. Cálculo fuerza de accionamiento

$$F = \frac{75 * NA}{V} = \frac{75 * 0.14}{0.2} = 52.5Kg$$

El cálculo de las tensiones está compuesto por la tensión de entrada y la tensión de salida de la banda. En las ecuaciones 16 y 17 se especifica la dependencia de cada una de ellas y las variables involucradas en el tambor motriz.

Ecuación 16. Cálculo tensión de la banda a la entrada en tambor motriz

$$T1 = F * \left(1 + \frac{1}{e^{-\mu\delta} - 1}\right) = 52.5 * (1 + 0.63) = 85.6Kg$$

Dónde:

μ = coeficiente de rozamiento entre banda y tambor motriz

El valor del coeficiente de rozamiento entre banda y tambor motriz se encuentra en el anexo D; Se tomó el coeficiente como tambor motriz (sin recubrir y seco), dando 0.30 a un ángulo (δ) de 180 grados, que por efectos de cálculo se da en radianes (π).

Ecuación 17. Cálculo tensión de la banda a la salida del tambor motriz

$$T2 = F * \left(\frac{1}{e^{-\mu\delta} - 1}\right) = 52.5 * 0.63 = 33Kg$$

Después de hallar las tensiones ahora se procede a desglosar cada una en sus componentes. La primera se observa en la ecuación número 18 y consiste en hallar la tensión necesaria para mover la banda descargada; Esta depende del peso de las partes móviles, el coeficiente de fricción en los rodillos de apoyo, la longitud, la inclinación y la velocidad de la banda.

Ecuación 18. Tensión necesaria para mover la banda descargada

$$Tr = C * f * L * (2 * Gg * \cos \delta + Gs + Gi)$$

$$Tr = 11.5 * 0.020 * 1.2 * (2 * 1.4 * \cos 0 + 45.4 + 0) = 13.3Kg$$

Como segundo paso se continuó con el cálculo de la tensión ejercida por la capacidad real de transporte por hora (ver ecuación 19).

Ecuación 19. Tensión necesaria para vencer las resistencias de rozamiento al movimiento de la carga.

$$Tq = \frac{C * f * L * Qt * \cos \delta}{3.6 * V} = \frac{11.5 * 0.020 * 1.2 * 2.7 * \cos 0}{3.6 * 0.2} = 1Kg$$

Al desglosar las tensiones se observa que la nueva fuerza necesaria dada por el motor para el accionamiento de la banda está dada por:

Ecuación 20. Cálculo Fuerza de accionamiento real

$$F = Tq + Tr = 14.3 Kg$$

Al tener la nueva fuerza de accionamiento se procede a calcular nuevamente las tensiones con las ecuaciones ya dadas.

$$T1 = F * \left(1 + \frac{1}{e^{-\mu\delta} - 1}\right) = 23.3Kg$$

$$T2 = F * \left(\frac{1}{e^{-\mu\delta} - 1}\right) = 9Kg$$

- **Cálculo del torque**

La torsión se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento que para efectos de cálculo se está refiriendo al eje del motor. Para resolver la ecuación número 21 se necesita la distancia que hay entre el motor y el punto donde se ejerce el momento (r), también la fuerza de accionamiento (F) y por último el ángulo que existe entre r y F que es de 90°.

Ecuación 21. Cálculo torque respecto a la fuerza de accionamiento

$$\tau = F * b$$

Otra forma de expresar la ecuación es:

$$\tau = r * F * \sin \widehat{rF}$$

$$F = 14.3Kg * 9.8 \frac{m}{s} = 140.14N$$

$$\tau = 0.15m * 140.14N * \sin 90 = 21Nm$$

- **Cálculo relación caja reductora**

Para determinar la relación de la caja reductora se calcula la velocidad lineal del motor (ver ecuación 22).

Ecuación 22. Velocidad lineal del motor seleccionado sin caja reductora

$$W = 1620rpm * \frac{2\pi}{1rev} * \frac{1min}{60s} = 169.6 \frac{rad}{s}$$

$$Vl = W * r = 169.6 \frac{rad}{s} * 0.03m = 5.1 \frac{m}{s}$$

Conociendo la velocidad deseada y la velocidad del motor se procede a calcular la caja reductora (ver ecuación 23).

Ecuación 23. Relación caja reductora para lograr los 0.2m/s

$$W = \frac{Vl}{r} = \frac{0.23}{0.03} = 7.6 \frac{rad}{s}$$

$$7.6 \frac{rad}{s} * \frac{60s}{1min} * \frac{1rev}{2\pi} = 72.6rpm$$

$$\frac{1620 rpm}{72.6 rpm} = 22$$

El motorreductor contará con una caja reductora que tendrá una velocidad de entrada de 1620rpm y la velocidad de salida será de 72.6 rpm.

• Comprobación fuerza de motor [17]

Al seleccionar el motor se optó por verificar si la fuerza capaz de ejercer es superior a la fuerza necesaria para mover la banda transportadora (ver ecuación 24).

Ecuación 24. Cálculo fuerza del motor seleccionado

$$Fu = \frac{Pm * \eta * C1 * 1000}{V}$$

Dónde:

Pm= Potencia mecánica del motor Kw

η = Eficiencia de accionamiento

C1= Factor (Tambor motriz)

La potencia mecánica del motor y su eficiencia de accionamiento son conocidas pero el factor del tambor motriz no lo es, para este se tomó un ángulo de 180 grados con un tambor de acero liso y seco (ver anexo E).

$$Fu = \frac{0.18 * 0.95 * 1.5 * 1000}{0.2} = 1282.5N = 130.86Kg$$

- **Motor Seleccionado**

De acuerdo a los cálculos realizados se seleccionó el motorreductor que cumpliera con la potencia, el torque y la velocidad necesaria para mover cada una de las líneas, las especificaciones se encuentran en la tabla número 8.

Tabla 8. Características motorreductor seleccionado

MOTORREDUCTOR SEW-EURODRIVE		
Referencia WA20/TDR 63 M4		
UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR
Kw	Potencia	0.18
rpm	Velocidad	1620/22
Nm	Torque	33
	Eficiencia	0.95
Hz	Frecuencia	60
IP	Grado de protección	54
Kg	Peso	7.524
V	Alimentación	254/440/Δ

9.3. DISEÑO SISTEMA NEUMÁTICO

La empresa Harinera del Valle en el área de empaque pasta cuenta con red de distribución de aire comprimido debido al uso de cilindros neumáticos en las máquinas enfardeladoras y empaquetadoras. Actualmente este tipo de energía llega a los actuadores neumáticos del abatible sin una regulación en la presión por lo que genera mal funcionamiento del sistema, es por esto que se procedió a diseñar una red de distribución que garantice la alimentación de cada una de las líneas.

La empresa cuenta con actuadores neumáticos marca FESTO para ser implementados en las líneas de empaque, es por esta razón que todo el proceso de cálculo se realizó de acuerdo a las especificaciones que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Especificaciones actuadores neumáticos

Diámetro interno del cilindro (mm)	50
Diámetro del vástago (mm)	12
Carrera (mm)	120
Ciclos (Ciclos/min)	12

- **Calculo presión ejercida por cilindro neumático**

Con el objetivo de determinar el tipo de regulador y la electroválvula adecuada para el buen funcionamiento de los actuadores se inició con el cálculo de presión necesaria suministrada por la red de distribución.

Se tomó como primer paso encontrar la fuerza de trabajo, para lo anterior se tiene que la masa total del sistema es aproximadamente 100Kg (Peso del abatible 88Kg + Peso del fardo 12Kg). En la ecuación 25 se encuentra el proceso realizado.

Ecuación 25. Fuerza de trabajo

$$F = masa * aceleración = 100Kg * 9.8 \frac{m}{s^2} = 980N$$

Después se halló el área de la superficie que ejerce la fuerza al ser empujada por la presión del aire, es decir el área del embolo del cilindro neumático (ver ecuación 26).

Ecuación 26. Área del embolo cilindro neumático

$$A = \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} = \frac{(0.05^2 - 0.012^2)}{4} = 18.5 * 10^{-4}m^2$$

Dónde:

D= Diámetro interno del cilindro (m)

d= Diámetro del vástago (m)

Gracias a los datos anteriores se determinó la presión en la ecuación 27.

Ecuación 27. Cálculo presión

$$P = \frac{F}{A} = \frac{980}{18.5 * 10^{-4}} = 529729.72pa = 5.3Bar = 76psi$$

Dónde:

P= Presión (psi)

F= Fuerza de trabajo (N)

A= Área (m²)

- **Cálculo consumo de aire por actuadores neumáticos.**

La presión con la que trabaja la red de distribución en el área de pastas para alimentar las máquinas esta entre 90 y 110 psi y su variación depende del consumo generado por la cantidad de líneas encendidas. El consumo de aire que necesita cada uno de los actuadores para un funcionamiento adecuado se encuentra en la ecuación número 28.

Ecuación 28. Consumo de aire

$$Q = 2nsq = 2 * 8 * 12 * 0.115 = 22 \text{ L/min}$$

Dónde:

Q= Consumo de aire (L/min)

n= Número de ciclos por minuto

s= Carrera (cm)

q= Consumo específico de aire (L/cm)

Como primer paso se obtiene el número de ciclos, este valor es de 8 paquetes por minuto y se definió por ser la frecuencia promedio máxima de producción. Posteriormente se halló el consumo específico y su valor se encontró en el cuadro número 4. El consumo específico depende de la presión y el diámetro interno del cilindro, teniendo en cuenta que el valor de la presión hallada era de 76 psi siendo aproximadamente 5 atm.

Cuadro 4. Consumo específico de aire (L/cm)

Diámetro Cilindro (mm)	Presión de trabajo en atm				
	3	4	5	6	7
12	0,004	0,006	0,007	0,008	0,009
16	0,008	0,010	0,011	0,014	0,016
25	0,019	0,024	0,029	0,033	0,038
35	0,038	0,047	0,056	0,066	0,075
40	0,049	0,061	0,073	0,085	0,097
50	0,077	0,096	0,115	0,134	0,153
70	0,150	0,187	0,225	0,262	0,299
100	0,307	0,383	0,459	0,535	0,611

El consumo total de las seis líneas de empaque es entonces de 132 L/min que son aproximadamente 7920 L/Hora.

De acuerdo a la presión que se maneja en las tuberías de servicio se seleccionó una electroválvula biestable de 5/2 vías. En la tabla número 10 se dan las especificaciones técnicas:

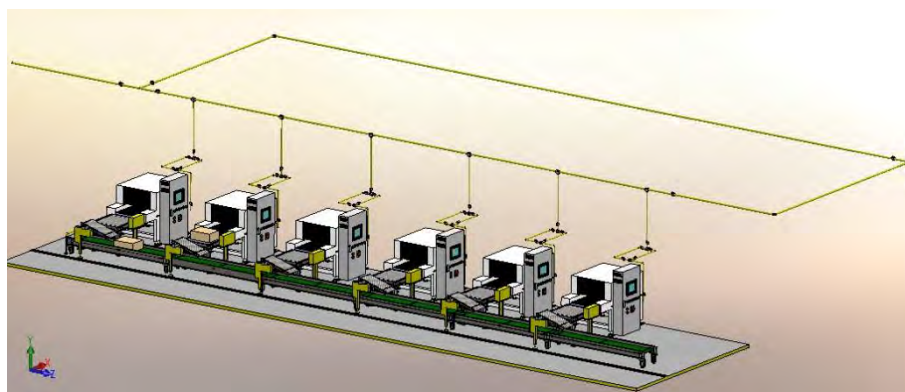
Tabla 10. Especificaciones técnicas electroválvula de 5/2 vías

ELECTROVÁLVULA 5/2 VÍAS	
Presión de trabajo máxima (psi)	150
Diámetro de pasaje (mm)	1.1
Diámetro de tubo guía (mm)	9
Tensión (Voltios)	110
Frecuencia (Hz)	50/60
Potencia (VA)	4,5
Protección ()	IP 65

Para seleccionar el regulador se consideró la presión máxima que se maneja en la red de distribución. Las especificaciones del regulador son de: Presión máxima de 150 psi, temperatura límite de 50°C, filtro para partículas de aceite, trampa para agua y manómetro.

Con los datos obtenidos se procedió a diseñar la red de distribución de cada una de las líneas de empaque. En la figura número 18 se observa el diseño basado en una red en circuito cerrado, lo anterior es para evitar que el daño de una línea de empaque no afecte la alimentación de aire comprimido en el resto de las líneas.

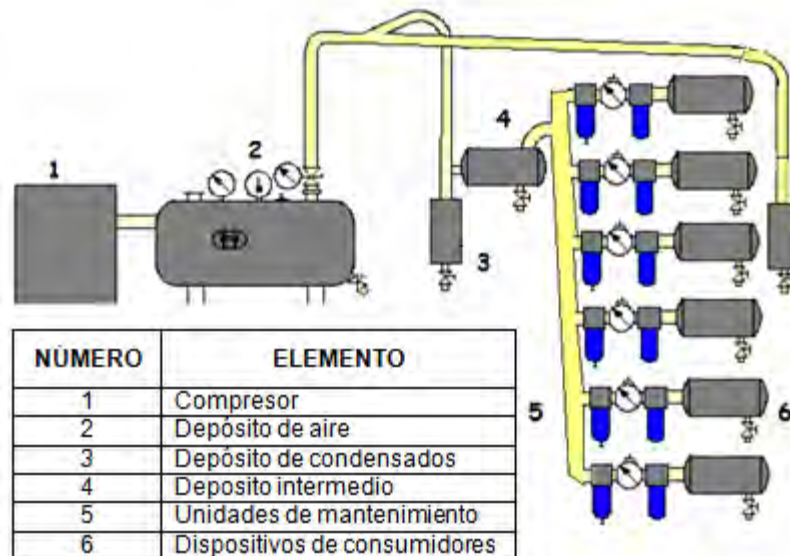
Figura 18. Tubería de servicio



La tubería se realizó cumpliendo las normas de acuerdo a la resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo y seguridad Social. Dicho código recomienda lo siguiente [18]:

Las tuberías que conducen fluidos deben estar señalizadas con la dirección del fluido y un código acorde con el tipo de producto transportado por lo que el color amarillo representa la utilización de aire comprimido. Tomando como ejemplo la figura número 19, la red de distribución contará con los siguientes elementos:

Figura 19. Diagrama sistema neumático



Los puntos 5 y 6 se añadieron al sistema, el resto ya estaban implementados por lo que el cálculo, diseño e implementación no son necesarios para el proyecto.

9.4. PROGRAMACIÓN DEL PLC E INTERFAZ GRÁFICA

Al realizarse modificaciones en el sistema abatible se generó cambios en la programación actual, por lo que era necesario diseñar un nuevo software.

El software comprende todo el conjunto de componentes lógicos que permiten realizar todas las posibles tareas por el sistema. De acuerdo a las necesidades planteadas por las áreas involucradas en el proyecto era necesario implementar los siguientes parámetros de diseño:

Tablero de comando

- Pulsadores de encendidos (Start) en cada una de las líneas.
- Pulsadores de paro (Stop) en cada una de las líneas.
- Pulsadores de paro de emergencia en tablero de control y en la zona de riesgo de cada una de las líneas.

- Sistema de alarma visual tras una parada de emergencia.

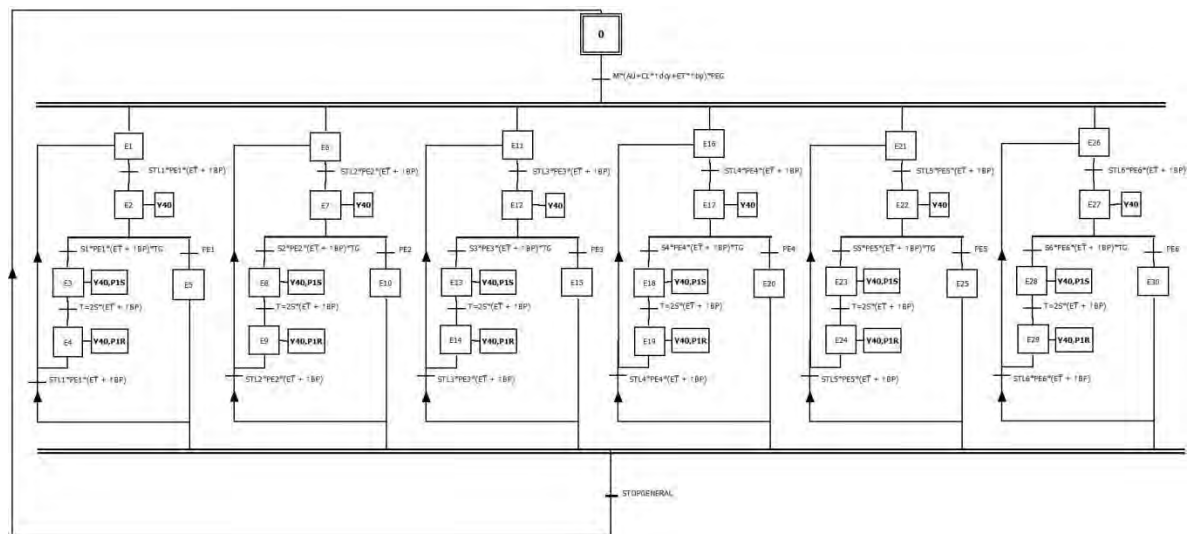
HMI

- Selector de modo de funcionamiento (Manual, automático, ciclo a ciclo o etapa etapa).
- Inicio general de marcha (IGE).
- Parada general de todas las líneas.
- Parada de emergencia general.
- Reconocimiento de alarmas.
- Identificación de alarma por líneas.

Para dar solución a cada una de las necesidades se utilizó una herramienta denominada GRAFCET. Esta herramienta permite modelar los procesos a automatizar por medio de un diagrama funcional.

En la figura número 20 se observa el diagrama funcional del sistema abatible, este contempla las entradas, salidas y los procesos intermedios que generan estas acciones. El diagrama describe el sistema de control de cada una de las seis líneas y fue creado como secuencia simultánea donde varios ciclos pueden funcionar a la vez por activación de varias etapas.

Figura 20. GRAFCET



Se consideró implementar los modos de operación propuestos por la guía GEMMA. Esta guía permite tener una descripción progresiva del proceso ha automatizar y su función es la de predecir aquellas contingencias como defectos y

averías que se presenten durante el proceso. Para el proyecto se implementaron los siguientes modos de operación:

Funcionamiento normal

- Producción normal: Es el estado en el que la máquina produce normalmente.

Prueba y verificación (mantenimiento)

- Marcha de verificación sin orden: En este estado la máquina realiza la orden dada por el operador y se ejecuta en cualquier momento que sea activado desde un interruptor. También es llamado como modo de funcionamiento etapa-etapa.
- Marcha de verificación en orden: La máquina en este estado realiza un ciclo completo en funcionamiento y su tarea se ejecuta para verificación o existe la posibilidad de que la máquina produzca. También es llamado como modo de funcionamiento ciclo a ciclo.

Procedimientos de parada

- Parada de estado inicial: es el estado normal de reposo de la máquina y es la etapa inicial del GRAFCET. Para el proyecto es la etapa 0.
- Parada pedida a final del ciclo: Es un estado transitorio en el que la máquina termina la producción y pasa a estar parada en el estado inicial. Para el proyecto el Stop General ubicado en la parte de abajo del GRAFCET lleva todas las líneas a la etapa inicial.
- Parada pedida en un estado determinado: Es un estado transitorio en el que la máquina produce hasta llegar a un punto diferente al estado inicial. Para el sistema las etapas 5, 10, 15, 20, 25 y 30 al ser seleccionada por el Stop deja la máquina en modo de espera.

Procedimiento de defectos

- Parada de emergencia: Contiene todas aquellas acciones necesarias para llevar al sistema a una situación de parada segura. El proyecto consideró parada de emergencia por cada línea y una general.

- Diagnostico y/o tratamiento de defectos: Permite determinar las causas del defecto y eliminarla. El proyecto comprende el tratamiento de fallas para el arranque del motor y la protección térmica de este, así como las posibles fallas de los actuadores neumáticos de acuerdo a la señal generada por los finales de carreras de cada uno de los pistones.

Después de haber realizado el GRAFCET y definido los modos de operación, se inició con el diagrama de conexiones al PLC que tiene como función asignar a cada módulo la entrada y salida correspondiente. En el anexo I se encuentran los diagramas de control electrónico para los órganos de accionamiento.

Posterior al diagrama de conexiones al PLC se estableció el diagrama de conexión para los actuadores neumáticos. Dicho diagrama muestra la conexión entre las válvulas de 5/2 vías y los actuadores así como la conexión con la fuente de alimentación de aire y los finales de carreras asociados a cada actuador (ver anexo J).

Para finalizar se realizó el software basado en la información suministrada por las áreas implicadas en la empresa, el GRAFCET y el diagrama de conexiones al PLC. El programa se encuentra en un anexo adjunto al documento con nombre *HMI*

9.5. CRITERIOS DE LA SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS

Se seleccionó un motorreductor de eje perpendicular con engranajes Spiroplan debido a su trabajo silencioso, al ser ligero y no sufrir desgaste en tiempos cortos. Además se facilitan por su rápida instalación, bajos costos y a la facilidad de adquisición por ser marca SEW EURODRIVE (proveedor Harinera del Valle) logrando realizar pruebas en el área debido a su existencia en la empresa.

La velocidad y el ancho de banda dadas en las ecuaciones número 2 y 4 cumplen con las especificaciones teniendo en cuenta el tamaño de los fardos y la cantidad de producción por hora. La velocidad de la banda transportadora se incrementó en un porcentaje debido al posible aumento de la producción así como el ancho de la cinta para ajustarse a las medidas estándar de los rodillos y al incremento del volumen de los fardos por la implementación de nuevas referencias.

El material de la banda será de PVC con un grosor de 4mm y una longitud de 2.8m para cada una de las líneas. Los tambores contarán con un diámetro de

25mm sostenidos a cada lado de la estructura por soportes de fundición, prisionero con rodamiento marca SKF; El diámetro mínimo de los rodillos en la ecuación 29 es de 4mm pero por las cargas se seleccionaron un diámetro de 8mm. Los rodamientos serán adquiridos por SKF ya que son proveedores de la empresa.

9.6. VALIDACION DE RESULTADOS

La validación consistió en realizar un análisis de esfuerzos para comprobar que el material y las dimensiones de las piezas fueran las adecuadas. Se verificó que las piezas soportaran las cargas que actúan sobre cada una de ellas.

Los análisis de esfuerzos se encuentran en el documento (ver anexo G). Cada una de las piezas fue diseñada con el programa Solidworks. A demás se encuentran los planos del diseño en el anexo H que permiten observar la geometría de las piezas.

10. MANUAL DE USO

Un manual permite obtener información necesaria o sustancial sobre el funcionamiento de la máquina. Este tipo de instrucciones permite que el usuario conozca las opciones básicas del sistema y pueda manejar adecuadamente cada uno de los modos de uso. Para comprender el funcionamiento de la interfaz gráfica se realizó un manual de usuario que se puede observar a continuación.

10.1. CONCEPTO GENERAL INTERFAZ GRÁFICA HMI

Para dar inicio al programa se debe revisar que desde el computador este activado el modo RUNTIME que permite el monitoreo, mando y control del proceso. De acuerdo al paso anterior en el autómata debe aparecer el selector de modo da la CPU en “RUN” y el piloto en verde. Sí el piloto de la CPU está en rojo, se debe consultar al proveedor. Lo anterior se observa en la figura número 21.

Figura 21. Concepto general para inicio de interfaz gráfica



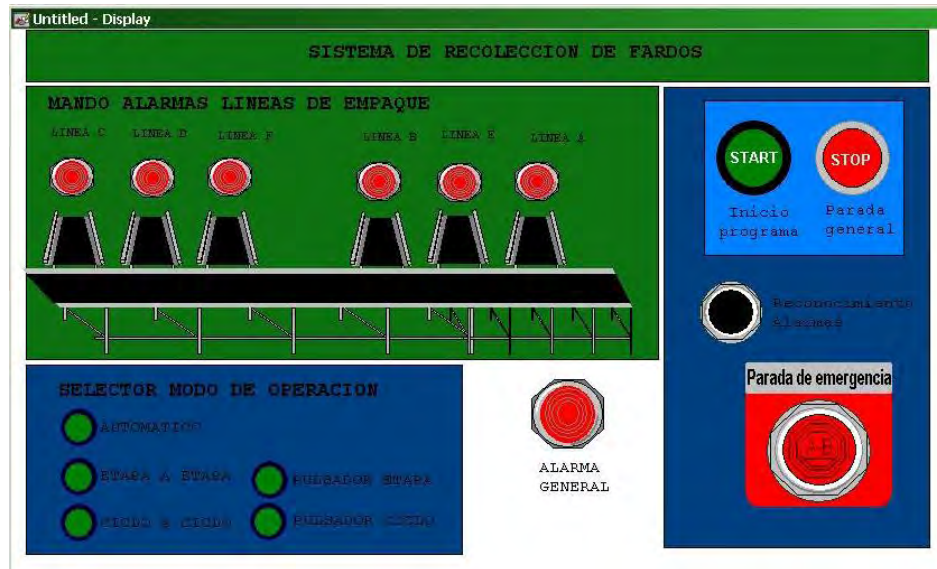
Todos los órganos de accionamiento son normalmente abiertos y su programación se realizó para cumplir con este requisito.

10.2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO

La pantalla (ver figura 22) se divide en tres zonas; La primera ubicada en el lado izquierdo, donde está el sistema de control y verificación de funcionamiento de las variables del proceso (pistones) y el sistema de alarmas por fallo de cada una de las líneas. La segunda zona ubicada al lado inferior izquierdo se encuentra los modos de operación en el que se puede escoger Automático, Etapa-Etapa y Ciclo a Ciclo y los respectivos interruptores para habilitar el funcionamiento de la línea.

En el lado derecho de la pantalla se encuentran los órganos de accionamiento de inicio de programa, la parada general de las líneas, la parada general de emergencia y el reconocimiento de alarma.

Figura 22. Interfaz de usuario HMI



El diseño de transporte de fardo cuenta con un motor y un pistón por cada línea y su activación se observa en el HMI de la siguiente forma:

Cada una de las líneas cuenta con una banda alimentadora que representa el actuador neumático del sistema abatible, el fondo de color rojo muestra la activación y el fondo de color verde significa el actuador en reposo, de este modo funciona también la banda principal y su representación se da para constatar el movimiento del motor. La activación de los sistemas abatibles está dada por los sensores de proximidad que al cumplirse la etapa de sincronización se genera la señal de descarga de fardo pero sí el sensor no manda la señal el sistema no se activará.

Los modos de funcionamiento con los cuales cuenta el sistema son: Automático, Etapa-Etapa y Ciclo a Ciclo. La activación de cada uno de estos modos de funcionamiento se hace por medio de un pulsador normalmente abierto y su ubicación está en el tablero de control o en la interfaz gráfica; En la plataforma grafica HMI se observa el modo de operación que está activado y la opción del interruptor tanto físico como remoto.

El primer modo (Automático) permite al sistema realizar su proceso de una manera ininterrumpida y su etapa final se presenta cuando sea activada la parada general, la parada de emergencia o una alarma de fallo. El segundo modo (Etapa-Etapa) permite al sistema realizar su proceso de una manera detallada y pausada en la cual se puede monitorear cada movimiento, dicho monitoreo se realiza por la activación del pulsador etapa-etapa, el cual ordena al sistema realizar solo una acción cada vez que sea presionado. El último modo (Ciclo a Ciclo) permite al sistema realizar todas las etapas de forma periódica hasta que se produzca una fase anterior, en ese momento el proceso se detiene hasta que sea pulsado nuevamente el pulsador ciclo a ciclo que se encuentra en la interfaz.

El sistema de alarmas indica tanto las fallas de los actuadores neumáticos como las de los motores. Las fallas en los actuadores se presentarán cuando en un tiempo determinado no se activen los finales de carrera respondiente. Si sensor 1 y sensor 2 no se activan en un tiempo de 5 segundos se activará la alarma *Falla Pistón 1*, así entonces el sensor 3 y sensor 4 activará *Falla Pistón 2*, sensor 5 y sensor 6 activará *Falla Pistón 3* y así sucesivamente hasta llegar al sensor 11 y sensor 12 que activaran *Falla Pistón 6*. Los pilotos rojos solo aparecerán cuando se presente una falla de la línea correspondiente (Actuadores neumáticos o motores) y a su vez se activara el piloto de la memoria de alarma general, la cual solo se apagara cuando se solucione la falla y se reconozca la alarma mediante el *pulsador de reconocimiento de alarmas*. Para los motores se trabajarán las fallas por protección térmica que se activa por el auxiliar que trae cada motor y también la falla por tiempo de arranque.

El botón para puesta en marcha del sistema, permite poner a funcionar el mecanismo remotamente, activando el primer estado del sistema. Cada una de las líneas de empaque cuenta con un órgano de accionamiento de inicio de producción por lo que el mando remoto que está en el HMI funciona como inicio de programa más no enciende las líneas de producción. La parada de emergencia está ubicada en cada una de las líneas de empaque pero se cuenta con una parada de emergencia general en el HMI que desactiva todos los actuadores en funcionamiento. Por último se cuenta con órganos de parada (STOP) en todas las líneas de empaque y hay una parada general ubicada en la interfaz que lleva a todas las maquinarias a su etapa inicial, para así ser deshabilitadas en caso de terminar la producción en la planta.

Para la programación se utilizó el software Step-7 Micro/Win v4.0.8.06 debido a la facilidad que otorga en el diseño en autómatas programables de la familia SIMATIC S7-200. La CPU seleccionada es de referencia 226 y sus características se ven en la tabla 11:

Tabla 11. Especificaciones Simatic S7-200 CPU 226

SIMATIC S7-200	CPU 226
Memoria de programa (Kbytes)	16/24
Memoria de datos (Kbytes)	10
Tiempo de ejecución por instrucción binaria (µs)	0.22
Máximo de entradas/ salidas digitales	128/120; 40 integradas
Manejo y visualización HMI	Sí
Interfaz de comunicación PPI	2
Conectividad en red	AS-interface PROFUBUS DP Ethernet Internet Modem

Para visualizar el LADDER ver adjunto al documento con nombre HMI.

La interfaz de usuario se realizó con el paquete de software Simatic Manager WinCC flexible 2007 que constituye el entorno de desarrollo de Siemens en el marco de Scadas para la visualización y control de procesos industriales. La comunicación se hace vía OPC server que es un estándar de comunicación en el campo de control y supervisión de procesos industriales que permite que variables o componentes de software individuales interacciones entre ellos. Para visualizar el HMI ver adjunto al documento el archivo HMI.

10.3. PROCEDIMIENTOS PREVIOS A LA OPERACIÓN [19]

- **Arranque:** Para poner en marcha la banda transportadora, antes se debe realizar un recorrido por la banda buscando objetos que hayan podido quedar atascados del turno anterior como por ejemplo producto o herramienta. Revisar entre banda y rodillo y el sistema de transmisión ya que son los lugares más comunes para presentar atascos.

Luego examinar si los actuadores y todas las partes móviles funcionan adecuadamente para asegurar un trabajo libre que no genere calentamiento o desgaste en las partes de la máquina.

- **Mantenimiento:** La lubricación y los ajustes necesarios en el sistema deben tener las siguientes consideraciones.

El personal encargado de realizar dichas tareas debe estar calificado y entrenado para evitar las lesiones de los asociados o la manipulación de las partes que pueda generar daños en la maquinaria. El mantenimiento de las bandas comprende la lubricación, alineación y tensión de las correas de transmisión de potencia y la banda, además la verificación de estado de los rodamientos y los rodillos y por último la comprobación de estado de las guardas de seguridad y los órganos de accionamiento.

Alineación de banda: Se comienza aflojando el tambor de retorno y ajustando la banda entre este y el tambor motriz. Se debe asegurar que el transportador de la banda este correctamente nivelado a lo largo y ancho. El transportador debe estar en el centro de la banda y en su dirección de flujo.

Tensado: Se deben ajustar los tornillos de tensado y asegurarse de que el avance en cada uno sea igual. La correa motriz debe ser revisada periódicamente lo más recomendable sería cada mes para mirar su tensión y la alineación. Un mantenimiento mal hecho causará desgaste excesivo en los componentes del sistema de transmisión.

Para un correcto mantenimiento se deben seguir los siguientes pasos:

Quitar las guardas fijas del sistema de transmisión, después se revisa la tensión de la correa, para esto se aflojan los tornillos sujetadores del motorreductor contra su base, se aprietan los tornillos tensores hasta conseguir la tensión necesaria y se aprietan los tornillos sujetadores. Por último se coloca nuevamente la guarda.

- **Mantenimiento preventivo:** Para la disminución de los accidentes por riesgo mecánico en esta área es necesario que la empresa adopte por parte de mantenimiento las frecuencias necesarias para el cambio o revisión de partes de la máquina; Lo anterior con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento del sistema (ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Mantenimiento preventivo para bandas transportadoras

Componente	Sugerencia	Frecuencia		
		Semanal	Mensual	Trimestral
Motorreductor	Revisar ruido		X	
	Revisar temperatura	X		
	Revisar nivel de altura			X
	Revisar los tornillos de montaje		X	
Correas y poleas	Revisar tensión		X	
	Revisar desgaste		X	
	Revisar alineación del eje de la polea		X	
Banda	Revisar la alineación		X	
	Revisar la tensión		X	
	Revisar la unión	X		
Tambores y rodillos	Revisar el ruido		X	
	Revisar los tornillos			X
Estructura	Revisión general; tornillos sueltos, etc.		X	

Fuente: REY SACRISTÁN, Francisco. Manual de mantenimiento integral en la empresa: Mantenimiento preventivo. Madrid: Fundación Confemetal, 2001. 227 p.

11. COSTOS ASOCIADOS AL SISTEMA ACTUAL

Para la realización del estudio económico se tomó como primer paso evaluar y analizar los costos que se tienen actualmente en el sistema abatible. En el Cuadro número 6 se especifica el valor anual en pérdidas de la empresa y este costo está dado por:

- **Costos accidentalidad:** Son costos generados por el entrenamiento e inducción para los reemplazantes del trabajador accidentado, los costos por tiempo de reemplazo del trabajador, costos generados por investigación por parte administrativa, afectación del clima laboral reflejado en la disminución del rendimiento de producción y tiempos muertos.
- **Costos consumo de energía:** Son generados por el gasto de aire comprimido en los actuadores neumáticos al momento de activarse el abatible sin tener la señal de fardo en posición de descarga.
- **Costos año de fardos:** El aplastamiento de paquetes genera daño en la lámina, en el producto y tiempo de re empaque por parte de auxiliares.
- **Costo personal Auxiliar de Empaque:** Actualmente existen en el cargo 18 personas de las cuales son realmente necesarias seis auxiliares. El sistema Abatible debía suplir esta operación por lo que se debió quitar personal de otras áreas para ubicarlas en estos puestos de trabajo.

Cuadro 6. Costos asociados al funcionamiento actual

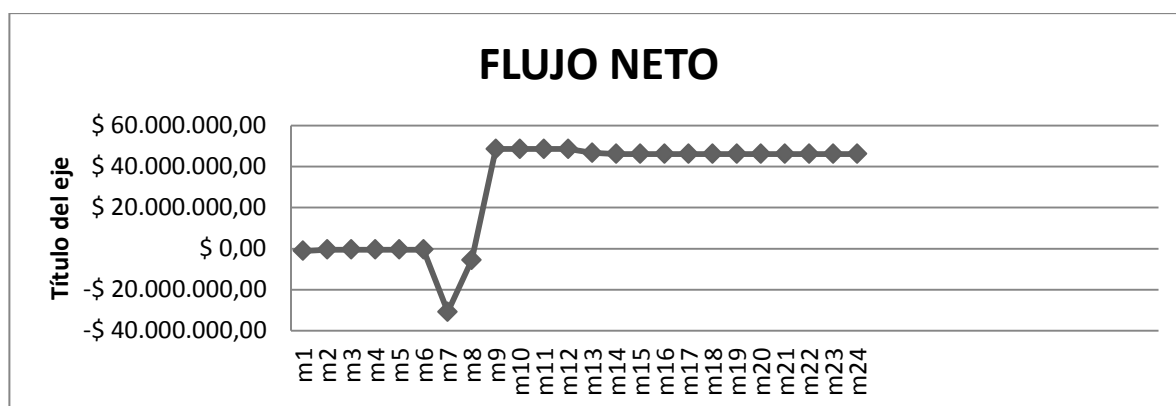
COSTOS ASOCIADOS A LA ACCIDENTALIDAD	Valor
Número de horas por incapacidad	656
Costo por hora laboral auxiliar pastas	\$2,943.5
Sub total	\$1,930,967.7
Tiempo de parada de las líneas por accidentalidad (minutos)	15
Costo por minuto de parada en las líneas de empaque	\$800,000.0
Sub total	\$12,000,000.00
COSTOS POR GASTO DE ENERGÍA ANUAL	Valor
Perdida por consumo de aire comprimido (CFM)	130895.9
Costo para producir un CFM	\$43.9
Sub Total	\$5,747,640.4
COSTOS POR DAÑO DE FARDOS ANUAL	Valor
Fardos dañados	3000
Costo por daño de lamina	\$270.4
Sub total	\$811,200.0
Costo por hora laboral auxiliar pastas	\$2,943.5
Tiempo estimado para re empaque (Hora)	187.2
Sub total	\$551,032.3
COSTOS POR AUXILIARES DE EMPAQUE (PRUEBA PILOTO)	Valor
Número de auxiliares re ubicados	3
Salario de cada Auxilias de Empaque	\$730,000.0
Sub Total	\$2,190,000.0
COSTO ANUAL	\$26,280,000.0
TOTAL	\$ 47,320,840.41

Fuente: Harinera del Valle S.A.

12. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONOMICA

Con el flujo de fondos (ver Archivo adjunto *flujo de fondos*) se realizó el análisis cuantitativo del proyecto durante los 2 años que incluyen diseño y puesta en marcha. Se conoció cuánto dinero se debe invertir para el prototipo, desarrollo, pruebas del sistema, equipos y personal necesario para realizarlo. Así, se estimó el costo del diseño para dar un precio y definir las ganancias que se van a obtener dependiendo de temas de eficiencia y cantidad de producto. Todo este flujo neto se puede observar en la Figura 23.

Figura 23. Flujo Neto



Se observan que en los primeros 8 meses son negativos, ya que este tiempo corresponde a la etapa de inversión del proyecto, en el mes 7 se aprecia una gran diferencia en costos, esto es debido a que para este mes se debe realizar la compra de los elementos del diseño y adecuación de todas las líneas de la planta. Al pasar el tiempo, los costos y los ingresos se normalizan, y se puede observar que la recuperación de la inversión se realizaría con tan solo nueve meses a partir del inicio del proyecto (Con el 100% de inversión).

A pesar de que el proyecto en su comienzo tenga una inversión elevada, permitirá grandes ahorros para la empresa que se verán reflejados en tiempo de producción, menos perdidas de fardos por la falta de adecuación del sistema actual y la re ubicación del personal auxiliar de empaque.

- **indicadores de rentabilidad**

Para saber si la consecución del proyecto era viable e iniciar un proceso de inversión, se realizaron dos estudios de indicadores de rentabilidad, VPN

(Valor presente neto) y TIR (Tasa interna de retorno). Se utilizaron los dos criterios con financiamientos del 0%, 50% y 100%. Con el estudio se logrará definir la viabilidad del proyecto con respecto a los dos años de consecución, tiempo de recuperación y pago de la deuda si es el caso.

Para analizar la viabilidad del proyecto, se tuvieron una serie de consideraciones que permitieron conocer si era o no viable, para esto, se realizó la evaluación financiera dando como resultado una inversión de \$39.931.000,00 (treinta nueve millones novecientos treinta y un mil pesos).

La inversión permitirá que la empresa adquiera ciertos beneficios y la financiación se hará por parte del área de producción pastas de la Harinera del Valle S.A., ya que se conoce que el periodo de recuperación es de tan solo nueve meses, y para una empresa como la Harinera del Valle permite ajustarse al pago fácilmente a las necesidades de flujo y de caja del negocio.

El valor presente neto a la hora de evaluar el proyecto de inversión a mediano plazo permitió determinar si se cumple con el objetivo básico financiero que es el de maximizar la inversión, es decir, si el VPN es mayor que cero (positivo), significa que las ganancias para la empresa tendrá un incremento equivalente al monto generado por el VPN, en cambio si el VPN es negativo significara que se reducirá en el monto equivalente al dado por el VPN y por último, si es cero, la empresa no modificara el monto de su valor. De acuerdo a lo anterior se estableció que con el 100% financiado se logrará maximizar la inversión mucho más que las otras dos opciones generando mayores ganancias para la empresa en un tiempo de recuperación mucho más reducido (ver Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultado indicadores de rentabilidad

	lop	VPN	TIR
Sin financiamiento	1,23	\$ 576.179.981,59	8,3
50% financiamiento	1,23	\$ 583.377.054,63	8,47
100% financiamiento	1,23	\$ 594.452.064,93	32,06

Para determinar la viabilidad del proyecto se estableció la tasa interna de retorno (TIR), esta permite igualar el valor presente neto a cero. La tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio. Si la tasa interna de retorno es mayor que la tasa de oportunidad (lop), el proyecto es viable ya que se estima un rendimiento mayor al mínimo requerido siempre y cuando se reinviertan los flujos netos de efectivo. Por el contrario, si la Tasa Interna de Retorno es menor que la tasa de oportunidades, el proyecto se debe rechazar pues estima un rendimiento menor al mínimo requerido. De acuerdo a esto se observa que la tasa interna de retorno de las tres formas de financiamiento está por encima de la tasa de oportunidades pero la opción de 100% financiado es mucho mayor, dando como resultado un mejor rendimiento al mínimo requerido.

Teniendo en cuenta la evaluación de los dos criterios se llega a la conclusión de que la mejor forma de realizar el proyecto es la de tomar la opción de 100% financiado ya que esta es la que genera mayores ganancias para la empresa con un mejor rendimiento al mínimo requerido.

A pesar de que la empresa tiene la facilidad de inversión en los nueve primeros meses es considerable el ahorro que se hará por parte del cambio del sistema abatible que en un plazo de un año el 100% será recuperado por temas como la re ubicación del personal de Pastas, el gasto de energía y la minimización de la accidentalidad así como de daño de fardos.

13. ANÁLISIS ERGONÓMICO

El análisis del puesto de trabajo para el auxiliar de empaque pasta (ver anexo K) se realizó con el método REBA. Este analiza los factores de carga postural dinámicos y estáticos valorando los ángulos de movimiento, la manipulación de cargas, cambios posturales y duración de la actividad. La observación se realizó para las operaciones manuales y también con el uso del mecanismo ya implementado (sistema abatible).

De acuerdo a los resultados en las tablas de niveles de riesgo y acción en el anexo K con una puntuación de 7 para Hemicuerpo derecho y 5 para Hemicuerpo izquierdo, se hace necesaria la intervención en el sistema desde el punto de vista de riesgo biomecánico.

Los riesgos que se presentan son por la acción repetitiva de los auxiliares al momento de llevar los paquetes de una banda a otra, generando lesiones musculares en las extremidades superiores.

Con la implementación de la propuesta y de acuerdo al método REBA la puntuación disminuye a 1, es decir que el problema biomecánico está resuelto, por lo tanto la actividad no presentaría riesgo y su intervención no sería necesaria. El sistema garantizará labores seguras con la verificación de procedimientos adecuados y proporcionará la disminución de tareas para el personal de pastas.

14. CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema electro-mecánico-neumático, controlado con PLC y sincronizado con el proceso, para que reciba todos los tipos de fardos producidos en cada una de las seis máquinas “STIAVELLI” y los entregue sin riesgo alguno a la banda principal que los lleva a la sección de empaque.

El sistema de recolección de fardos fue diseñado con base en la norma de seguridad OSHA, para la prevención de riesgo mecánico y la resolución 2400 referente a procedimientos seguros para el operario y para la maquinaria.

El diseño del sistema se hizo con base en el método de ingeniería concurrente, porque permite, optimizar la utilización de los recursos, reducir los costos y los tiempos del desarrollo del proyecto, y además integrar diferentes áreas de la empresa con aporte de ideas y participación activa en el desarrollo del proyecto.

Dentro del proyecto, se adelantó un estudio de viabilidad que determinó que su implementación permitiría una recuperación de la inversión en nueve meses de su puesta en ejecución, gracias a los bajos costos de la estructura, a la disminución en el daño de fardos y a la posibilidad de incremento de la producción.

De acuerdo al estudio y análisis hechos por el método REBA se determinó que el sistema garantiza operaciones laborales seguras, disminución de tareas rutinarias y engorrosas y por lo tanto, disminución de riesgos biomecánicos para el personal involucrado en el proceso de enfardado y empaque.

Se elaboró un manual de usuario de operación y mantenimiento del sistema, para que sea socializado y asimilado antes de ponerlo en marcha.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO. Decreto 1295 de 1994 (Junio 22). Por el cual se reglamenta el artículo 139 de la ley 100 de 1993 [en línea]. Bogotá D.C.: Ministerio de trabajo, 2012. [Consultado el 18 de Octubre de 2012]. Disponible en internet: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto/1994/decreto_1295_1994.html
- [2] Norma OSHA [en línea]: Administración de seguridad y salud ocupacional. Estados Unidos. Departamento del trabajo de los E.E.U.U, 2006 [consultado el 04 de septiembre del 2012]. Disponible en internet en: <http://www.osha.gov/Publications/3173-12SP-R2006-Spanish.html#OSHAsMission>
- [3] Sistema abatible. Harinera del Valle S.A. Santiago de Cali, Colombia. Observación inédita, 2012.
- [4] Cintas – transportadoras [en línea]: elevadores. España: Camprodón. 2012 [consultado el 01 de Octubre del 2012]. Disponible en internet en: <http://www.camprodon.biz/catalog/cintas-transportadoras/elevadores.html>
- [5] Sistemas para la recolección de fardos [en línea]: Productos y aplicaciones. España: YOSKAWA MOTOMAN. 2012 [consultado el 01 de Octubre del 2012]. Disponible en internet: http://www.motoman.es/es/productos/robots/?no_cache=1
- [6] Transportadores extensibles [en línea]: Elevación, manipulación y transportadores. España: Mecalux Logismarket. 2012 [consultado el 01 de Octubre del 2012]. Disponible en internet: <http://www.logismarket.es/aeda-conveyors/transportadores-extensibles/161279073-1124660-p.html>
- [7] PARR, E. Programmable controllers an engineer's guide: Statement list. 3 ed. Great Britain: Newnes, 2003. 420 p.
- [8] Órganos de accionamiento [en línea]: Auxiliares de mando. España: DIRECT INDUSTRY 2012, [consultado el 03 de Septiembre del 2012]. Disponible en internet: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/auxiliar-mando-75431.html>
- [9] Guardas fijas [en línea]: Principios de Seguridad CONSTRUMÁTICA, Medidas Preventivas en Máquinas. Seguridad y Salud. Colombia: ROCKWELL AUTOMATION, [consultado el 07 de Septiembre del 2012]. Disponible en internet: http://www.ab.com/es/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/7131359/p_rint.html
- [10] Dispositivos de enclavamiento o bloqueo [en línea]: Prevención de riesgos laborales. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010 [consultado 07 de Septiembre de 2012]. Disponible en Internet:

- http://www.uc3m.es/portal/page/portal/laboratorios/prevencion_riesgos_laborales/manual/riesgos_mecanicos#topofmypage
- [11] Rulmeca. Informaciones técnicas y criterios de diseño de las cintas transportadoras: componentes y definición de cinta transportadora. P 16-18.
 - [12] MARKS, Lionel Simeón y BAUMEISTER, Theodore. Manual del ingeniero Mecánico: Pneumatic and Hydraulic. 9 ed. Madrid: McGraw-Hill, 2009. 2596 p.
 - [13] VILAS IGLESIA, José Manuel. Sistema multimedia para la enseñanza de los sensores de proximidad [en línea]. España.: Departamento de tecnología electrónica, 2009 [Consultado el 15 de Diciembre del 2012]. Disponible en internet:
http://www.dte.uvigo.es/recursos/proximidad/Sensores_Proximidad.swf
 - [14] Rulmeca. Informaciones técnicas y criterios de diseño de las cintas transportadoras: componentes y definición de cinta transportadora. P 18-25.
 - [15] Cálculos [en línea]: cálculos bandas transportadoras. España: KAUMAN S.A. 2012 [consultado el 06 de Enero del 2013]. Disponible en internet en:
http://www.kauman.com/es/products/calc_potencia_es.asp
 - [16] Cálculos [en línea]: cálculos bandas transportadoras. España: KAUMAN S.A. 2012 [consultado el 06 de Enero del 2013]. Disponible en internet en:
http://www.kauman.com/es/products/calc_tensiones_es.asp
 - [17] Forbo movement systems. Sieglin transilon bandas de transporte y procesamiento: Cálculo de la banda transportadora. p 4.
 - [18] COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Resolución 2400 de 1979 (Mayo 22). Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo el cual se reglamenta en los artículos 203 y 204 [en línea]. Bogotá D.C.: Ministerio de trabajo, 2012. [Consultado el 28 de Febrero de 2013]. Disponible en internet:
<http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/Res.2400-1979.pdf>
 - [19] REY SACRISTÁN, Francisco. Manual de mantenimiento integral en la empresa: Mantenimiento preventivo. Madrid: Fundación Confemetal, 2001. 227 p.

ANEXOS

Anexo A. Formato de Inspección para máquinas y equipos

Equipo a Diagnosticar: Stiavelli
Hora de Diagnóstico: 9:00 am - turno 1 (fase I).
Fecha Visita Diagnostico: 21 de Agosto del 2012.
Número de Operarios por Línea: 2 operarios por la Línea C.
Uso Adecuado de EPP: Si; cofia, botas y protección auditiva.

INSPECCIÓN A EQUIPOS CON RIEGOS MECÁNICOS					
Ítem N°	Condición	Cumple			Observaciones
		Si	No	N/A	
MANDOS					
1	Los dispositivos de mandos son claramente visibles e identificables.	X			
2	Son seguros al momento de maniobrarlos y no permiten equivocaciones.	X			
3	Su accionamiento será siempre por una maniobra intencionada	X			
4	Los dispositivos de mando están situados por fuera de zonas peligrosas, con excepción de botones como Parada de emergencia.	X			
5	Existe una alarma acústica que advierta al operario de la puesta en marcha de la maquina en momentos cuando él esté cerca de alguna zona peligrosa.		X		No hay alarma acústica
6	La máquina está provista de dispositivos de paro de emergencia claramente identificable, visible y accesible desde cualquier punto de operación que pueda generar riesgo.	X			La máquina cuenta con paros de emergencia pero no son accesibles desde todos los puntos de operación.
7	Si un solo órgano de accionamiento puede poner en funcionamiento a distintas maquinas-herramientas, dispone de selector que permite la puesta en marcha y paro individual de cada una de ellas.			X	
8	Su accionamiento provoca la parada del proceso peligroso en un tiempo suficientemente corto siendo efectivo.	X			

9	El mando de parada de emergencia tiene retención e implica una maniobra intencionada para su desbloqueo.	X			
10	El desbloqueo del mando de parada de emergencia No pone la maquina en marcha de nuevo.	X			
11	El restablecimiento tras una interrupción de la alimentación de energía de la máquina, no provoca la situación alguna de peligro (por ejemplo. Puesta en marcha intempestiva, ineficacia de los dispositivos de protección, etc.)	X			
12	Existen dispositivos de consignación de la que posibles fallos o averías en el mismo serán detectadas sin provocar situación alguna de peligro (seguridad auto controlada).	X			
13	La orden de parada de maquina tiene la prioridad sobre las demás ordenes de puesta en marcha.	X			
ELEMENTOS MÓVILES DE TRANSMISIÓN (POLEAS, CORREAS, ETC.)					
1	Los elementos móviles que intervienen en el trabajo son intrínsecamente seguros (inaccesibles por diseño, fabricación y/o ubicación). Si la respuesta es SI, pase a BLOQUEOS.		X		
2	Existen guardas fijas que impiden el acceso a tales elementos móviles. Si la respuesta es NO, pase a la pregunta número 3.	X			
2.1	Las guardas fijas están sólidamente sujetadas en su lugar.	X			
2.2	Para su apertura se precisa utilizar herramientas.	X			
2.3	Las guardas fijas son de fabricación sólida y resistente.	X			
2.4	Las guardas No ocasionan riesgos suplementarios.	X			
2.5	Si existen aberturas en las guardas, estos están a suficiente distancia de la zona peligrosa.	X			
3	Existen guardas móviles que impiden el acceso a elementos en movimiento. Si la respuesta es NO, pase a la pregunta número 4.	X			

3.1	Es imposible que los elementos móviles estén en funcionamiento si la guarda móvil no está correctamente cerrada.		X		Los dispositivos de bloqueo están deshabilitados
3.2	Se precisa una acción voluntaria (por ejemplo la utilización de una herramienta) para regular la guarda móvil.		X		La guarda móvil no necesita ninguna herramienta ya que es de tipo compuerta.
3.3	La ausencia o el fallo de uno de los dispositivos encargados de la protección o el bloqueo de la máquina, impiden la puesta en marcha o provoca la parada de los elementos móviles.		X		Al estar deshabilitados la máquina sigue su funcionamiento sin ninguna anomalía.
3.4	Las guardas móviles son de fabricación sólida y resistente.	X			
3.5	Las guardas no ocasionan riesgos suplementarios.	X			
3.6	Si existen aberturas en las guardas, estos están a suficiente distancia de la zona peligrosa.	X			
4	Si existen dispositivos de protección se encuentran bien instalados, operativos y evitan el acceso a las partes móviles mientras la maquina se encuentra en funcionamiento.	X			Si se encuentran bien instalados, pero en este momento NO cumplen con su función de evitar el acceso del operario mientras está en funcionamiento.
ORGANIZACIÓN: Aspectos Generales.					
1	Existe manual de instrucciones y está en todo momento a disposición del operario de las máquinas. Si la respuesta es NO, pase a la pregunta 3.	X			
Dicho manual especifica:					
1.1	Como efectuar sin riesgo la manutención.	X			
1.2	Como efectuar sin riesgo la instalación.	X			
1.3	Como efectuar sin riesgo la puesta en servicio.	X			
1.4	Como efectuar sin riesgo la regulación	X			
1.5	Como efectuar sin riesgo la maquina	X			
1.6	Como efectuar sin riesgo el mantenimiento	X			
1.7	En el manual se contemplan instrucciones de aprendizaje			X	
1.8	En el manual se advierten las contraindicaciones de uso	X			

2	Los riesgos residuales de la maquina tras aplicar las medidas de prevención pertinentes, están debidamente señalizadas a través de pictogramas fácilmente perceptibles y comprensibles.		X		No se presenta ningún tipo de señalización o pictograma.
3	El operario ha sido formado y adiestrado en el manejo de la maquina	X			
4	Está establecido un programa de mantenimiento y revisiones periódicas de los elementos claves de seguridad.	X			
5	Existe un control estricto de que las operaciones de mantenimiento se realizan dentro de los plazos fijados por el fabricante.	X			El mantenimiento se realiza mensualmente (En general toda la planta) mas no existen fechas concretas para cada máquina.
6	Se facilitan los medios materiales necesarios para la minimización del riesgo y la realización correcta del trabajo (herramientas, protecciones	X			
7	El ritmo de trabajo generado por la maquina permite efectuar las operaciones con riesgo sin celeridad.	Perso nales)	X		No, debido a la alta producción y a la calificación que se le da a cada operario por la eficiencia de trabajo.
BLOQUEOS					
1	La máquina posee válvulas con bloqueo para candado para impedir el suministro neumático.		X		
2	La máquina posee válvulas con bloqueo para candado para impedir el suministro hidráulico.			X	
3	La máquina posee switch con bloqueo para candado para impedir el suministro eléctrico.		X		
CARACTERISTICAS PERSONALES					
1	El operario tiene las aptitudes necesarias para trabajar en la maquina (cualificación necesaria).	X			Constantemente se realiza un chequeo de la salud del operario y su comportamiento.
2	Se observan hábitos de trabajo correctos (se siguen los métodos de trabajos establecidos, se ubican y ajustan las guardas a las necesidades de cada operario, se usan las protecciones personales cuando se precisan).		X		La máquina al no realizar bien su función, obliga al operario ha realizar inadecuados movimientos, posibles causantes de problemas ergonómicos.

ENTORNO AMBIENTAL					
1	La iluminación ambiental normal permite realizar con perfecta distinción de detalles las distintas operaciones de trabajo, puesta a punto, limpieza y mantenimiento. Si la respuesta es SI, pase a la pregunta 3.	X			
2	La máquina va dotada de iluminación localizada en las zonas en que la iluminación ambiental no es suficiente.				
3	Se evitan en la iluminación parpadeos, deslumbramientos, sombras y efectos estroboscópicos que pueden producir peligro	X			
4	Cuando una máquina va dotada de alarma acústica previa a la puesta en marcha, existe garantía de que la misma será audible e identificable (No estará anulada por ruidos ambientales o enmascarada por otras alarmas).		X		No hay alarma acústica.
5	El entorno de la máquina permanece limpio de residuos, retales, manchas de aceite o grasa.	X			
6	La máquina está claramente delimitada de zonas de almacenamiento o de tránsito.	X			

Anexo B. Valores de coeficientes “C”

L	3	4	5	6	8	10	12,5	16	20	25	32	40
C	9	7,6	6,6	5,9	5,1	4,5	4	3,6	3,2	2,9	2,6	2,4
L	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	1000
C	2,2	2	1,85	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,05	1,05

Fuente: Cálculos [en línea]: cálculos bandas transportadoras. España: KAUMAN S.A. 2012 [consultado el 06 de Enero del 2013]. Disponible en internet en: http://www.kauman.com/es/products/calc_potencia_es.asp

Anexo C. Coeficiente de fricción en los rodillos “F”

TIPO DE COJINETE	ESTADO	VALOR DE F
	Favorable	0,018
Rodamiento	Normal	0,020
	Desfavorable	0,023 – 0,030
Fricción		0,050

Fuente: Cálculos [en línea]: cálculos bandas transportadoras. España: KAUMAN S.A. 2012 [consultado el 06 de Enero del 2013]. Disponible en internet en: http://www.kauman.com/es/products/calc_potencia_es.asp

Anexo D. Coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor motriz

CONDICIONES DEL TAMBOR	CONDICIONES DE AMBIENTE	VALOR DE μ
	mojado	0,10
Sin Recubrir	húmedo	0,10 - 0,20
	seco	0,30
	mojado	0,25
Recubierto	húmedo	0,25 - 0,30
	seco	0,35

Fuente: Cálculos [en línea]: cálculos bandas transportadoras. España: KAUMAN S.A. 2012 [consultado el 06 de Enero del 2013]. Disponible en internet en: http://www.kauman.com/es/products/calc_tensiones_es.asp

Anexo E. Factor tambor motriz “C1”

Ángulo de contacto β	180°	210°	240°	180°	210°	240°	180°	210°	240°
Tambor de acero liso									
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5	2,1	1,9	1,7
Mojado	3,7	3,2	2,9	5,0	4,0	3,0	No recomendable		
Tambor con forro de fricción									
Seco	1,4	1,3	1,2	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
Mojado	1,8	1,6	1,5	3,7	3,2	2,9	2,1	1,9	1,7

Fuente: Forbo movement systems. Sieglin transilon bandas de transporte y procesamiento: Cálculo de la banda transportadora. P 4.

Anexo F. Cotización Servibandas DJ

Santiago de Cali, Enero 15 de 2012

Señores:

HARINERA DEL VALLE S.A

Ing. Cristian Fernando Soto

Ciudad.

Apreciado ingeniero:

De acuerdo a la revisión realizada al sistema de empaque de pasta:

1. CONDUCTOR

Se encuentra que la velocidad de la malla metálica y la banda pvc verde es igual, por lo cual hay lentitud en la entrega del producto a los rodillos giratorios.

La propuesta es individualizar la transmisión de la malla metálica instalando un motorreductor, en el conductor de la banda de pvc con sistema de variador de velocidad:

Motorreductor a 90°, Nord - alemán.

Tipo	SK 1si50 - iec 80/4 E
Potencia del motor	1765 / 340 Rpm o 240 RPM
Reducción	5 : 1 o 7.5 : 1
Factor de servicio	> 3
Eje de salida	Diámetro Ø = 25 mm

Variador de velocidad/ Equipo Inversor

Marca	Yaskawa
Modelo	J1000
Referencia	JU4A0002BAA
Alimentación	440V/3F/60Hz
Amp trabajo normal	2.10
Hp trabajo Normal	1.00
Dimensión (WxHxD)	108x128x99
Peso (Kgs)	1.22
Encerramiento Chasis abierto	(IP 20)

2. BANDA

La banda se le instalara empujadores en pvc termosellados en lo ancho de la banda, cada 300 mm x 10 mm altura.

3. RODILLOS

Los rodillos ecualizables serán cambiados de posición horizontal a transversal, realizando mantenimiento de los rodamientos.

Total trabajo cotizado para una sola línea \$ 4.250.000

Notas:

1. Esta cotización no incluye conexiones eléctricas del motorreductor y variador, así como el funcionamiento será realizado por el personal de harinera del valle.

IVA: se cobrara el 16% de impuesto o el que rija en la fecha de facturación

Tiempo de entrega: tiempo de entrega ocho días, a partir de la fecha de recibo de su orden de compra. Este tiempo será confirmado en el momento de la adjudicación de su pedido.

Validez de la oferta: el precio anterior es válido por treinta (30) días.

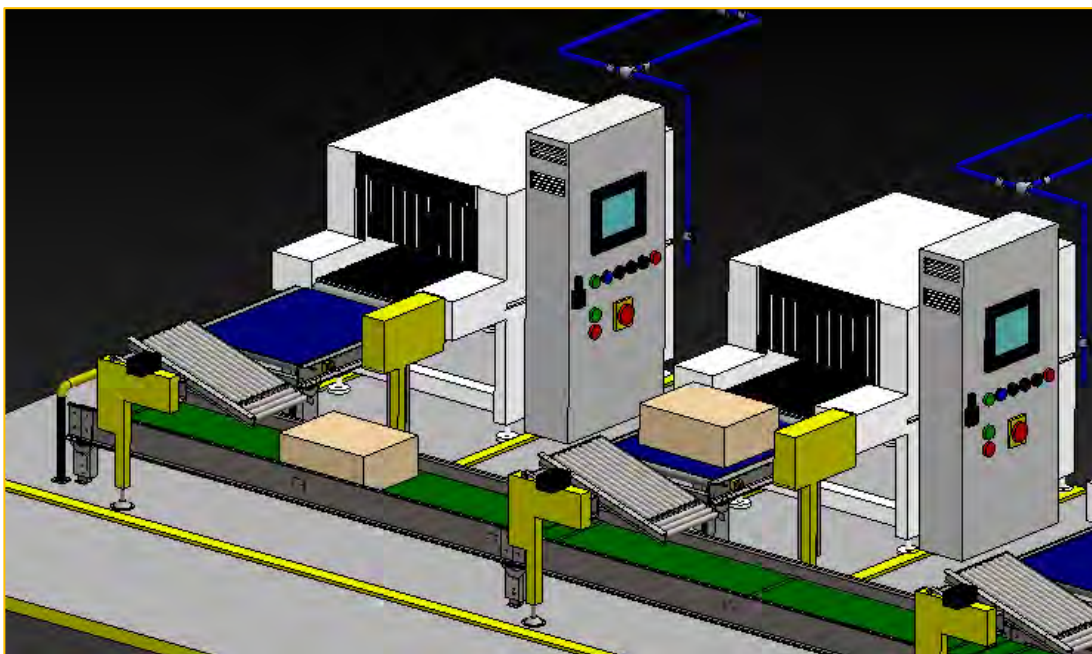
En espera de sus amables comentarios y con el ánimo de que pueda contar con nosotros, con gusto ampliaremos cualquier inquietud que estime conveniente.

Cordialmente,

DANIEL S. JIMÉNEZ
Asesor Comercial

Cra. 12 No. 27B - 26 Teléfono: 4423619 Cel.: 312 8665490 - 3168712542 Cali - Colombia

Anexo G. Validación de resultados



SIMULACIÓN DE RODILLOS PEQUEÑOS ABATIBLE

Fecha: martes, 12 de marzo de 2013

Diseñador: Christian Fernando Soto

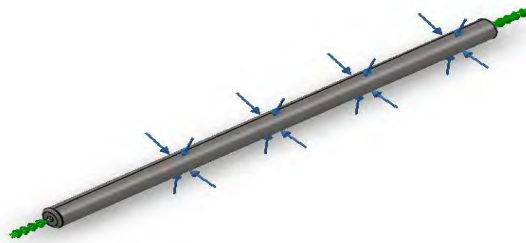
Tipo de análisis: Estático



Descripción

Análisis de fallas para el sistema de rodillos pequeños del abatible, es una estructura que soporta el peso de los fardos, para el cual se distribuye esta carga en 17 partes del mismo componente.


Información de modelo




Nombre del modelo: Rodillos_pequeños_abatible

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
	Sólido	Masa:5.60324 kg Volumen:0.000727694 m ³ Densidad:7700 kg/m ³ Peso:54.9118 N

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades
	Nombre: Acero aleado
	Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
	Criterio de error predeterminado: Desconocido
	Límite elástico: 6.20422e+008 N/m²
	Límite de tracción: 7.23826e+008 N/m²
	Módulo elástico: 2.1e+011 N/m²
	Coefficiente de Poisson: 0.28
	Densidad: 7700 kg/m³
	Módulo cortante: 7.9e+010 N/m²
	Coefficiente de dilatación térmica: 1.3e-005 /Kelvin

Fuerzas de reacción

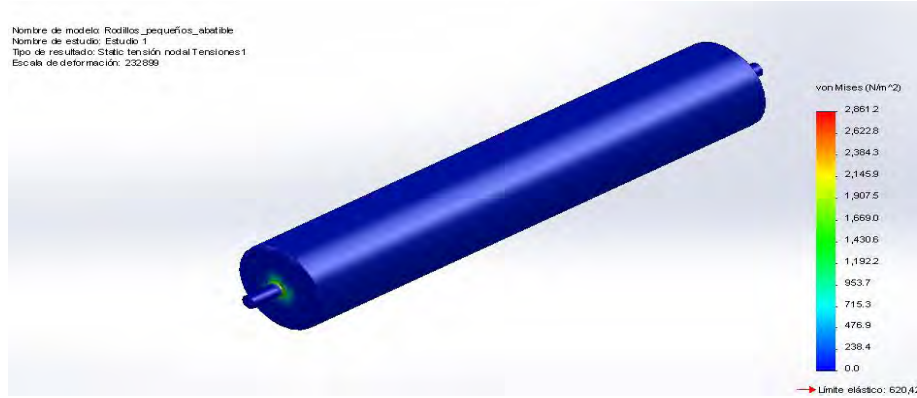
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.000152942	-0.000127725	-4.60997e-007	0.0001992

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0

Resultados del estudio

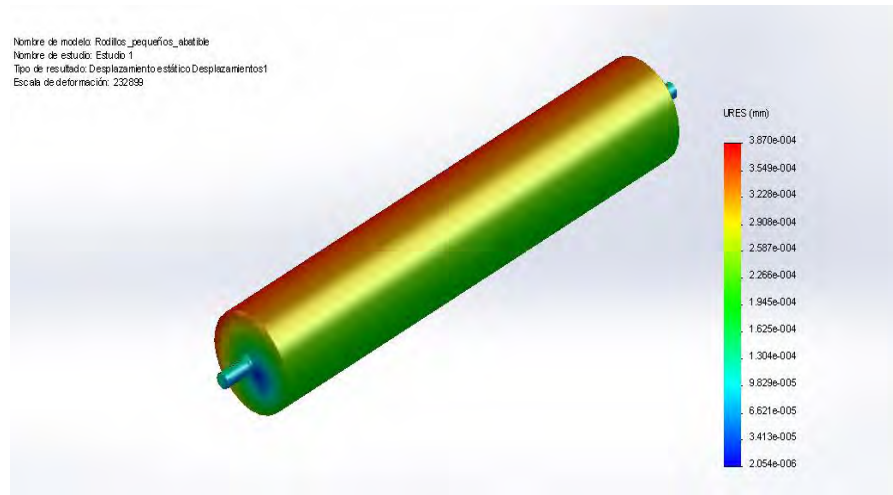
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00399231 N/m ² Nodo: 6701	2861.2 N/m ² Nodo: 6808



Rodillos_pequeños_abatible-Estudio 1-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	2.05426e-006 mm Nodo: 2678	0.00038 7005 mm Nodo: 6546

Nombre de modelo: Rodillos_pequeños_abatible
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 232899

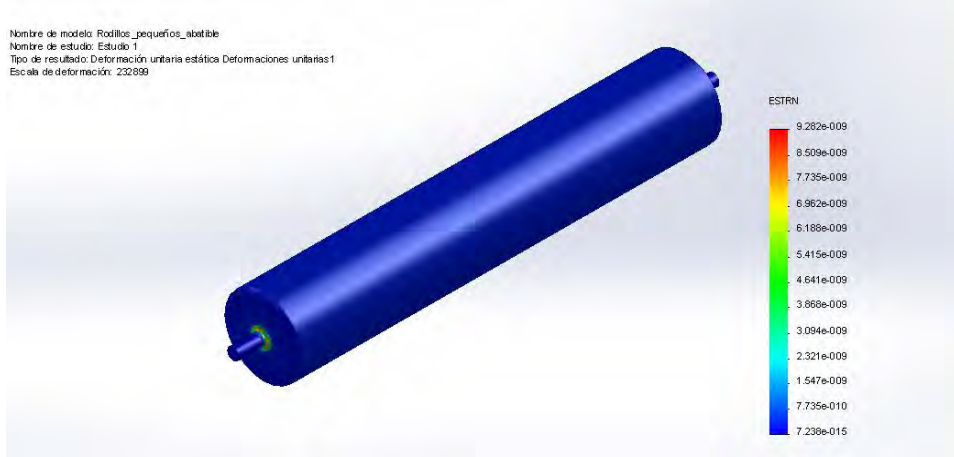


Rodillos_pequeños_abatible-Estudio Desplazamientos1

1-Desplazamientos-

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	7.2382e-015 Elemento: 2017	9.28243e-009 Elemento : 2219

Nombre de modelo: Rodillos_pequeños_abatible
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 232899



Rodillos_pequeños_abatible-Estudio 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Conclusión

De acuerdo con los análisis de fallas realizados a la pieza, esta soportaría la carga generada por el peso del fardo, sin producir mayores deformaciones o desplazamientos de acuerdo con las tensiones de von mises aplicadas en el análisis.

SIMULACIÓN DE CILINDRO ABATIBLE

Fecha: martes, 12 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio 1

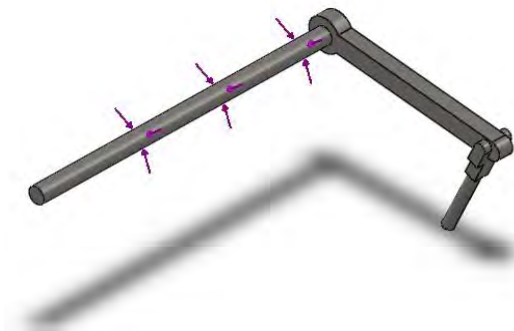
Tipo de análisis: Estático



Descripción


Análisis de fallas para el sistema de cilindro abatible, es una estructura que soporta el peso de los fardos y el peso del ensamblaje para el sistema abatible.

Información de modelo




Nombre del modelo: cilindro_abatible
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
	Sólido	Masa:9.74441 kg Volumen:0.00126551 m ³ Densidad:7700 kg/m ³ Peso:95.4953 N

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades
	Nombre: Acero aleado Tipo de modelo: Isotrópico Criterio de error predeterminado: elástico lineal Desconocido Límite elástico: 6.20422e+008 N/m² Límite de tracción: 7.23826e+008 N/m² Módulo elástico: 2.1e+011 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.28 Densidad: 7700 kg/m³ Módulo cortante: 7.9e+010 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.3e-005 /Kelvin

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante

Todo el modelo	N	0	0	0	1e-033
----------------	---	---	---	---	--------

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0

Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0.136601 mm Nodo: 8192	0.662888 mm Nodo: 103



CONCLUSIÓN

De acuerdo con los análisis de fallas realizados a la pieza, esta soportaría la carga generada por el peso del fardo y el ensamblaje abatible, sin producir mayores deformaciones o desplazamientos de acuerdo con las tensiones de von misses aplicadas en el análisis.

SIMULACIÓN DE SUJETADOR PISTÓN

Fecha: miércoles, 13 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio 1

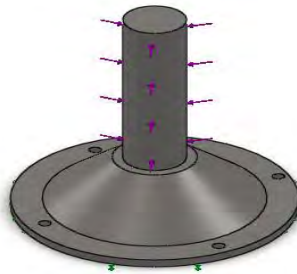
Tipo de análisis: Estático



Descripción

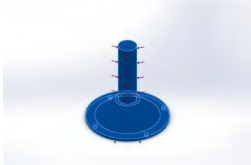
Análisis de fallas para el sistema de sujetador pistón, es una estructura que soporta el peso del cilindro abatible y del pistón.

Información de modelo

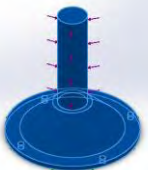


Nombre del modelo: sujetadorpiston
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Taladro de margen para M51 	Sólido	Masa:1.90782 kg Volumen:0.000247769 m ³ Densidad:7700 kg/m ³ Peso:18.6967 N

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades
	Nombre: Acero aleado
	Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
	Criterio de error predeterminado: Desconocido
	Límite elástico: 6.20422e+008 N/m²
	Límite de tracción: 7.23826e+008 N/m²
	Módulo elástico: 2.1e+011 N/m²
	Coefficiente de Poisson: 0.28
	Densidad: 7700 kg/m³
	Módulo cortante: 7.9e+010 N/m²
	Coefficiente de dilatación térmica: 1.3e-005 /Kelvin

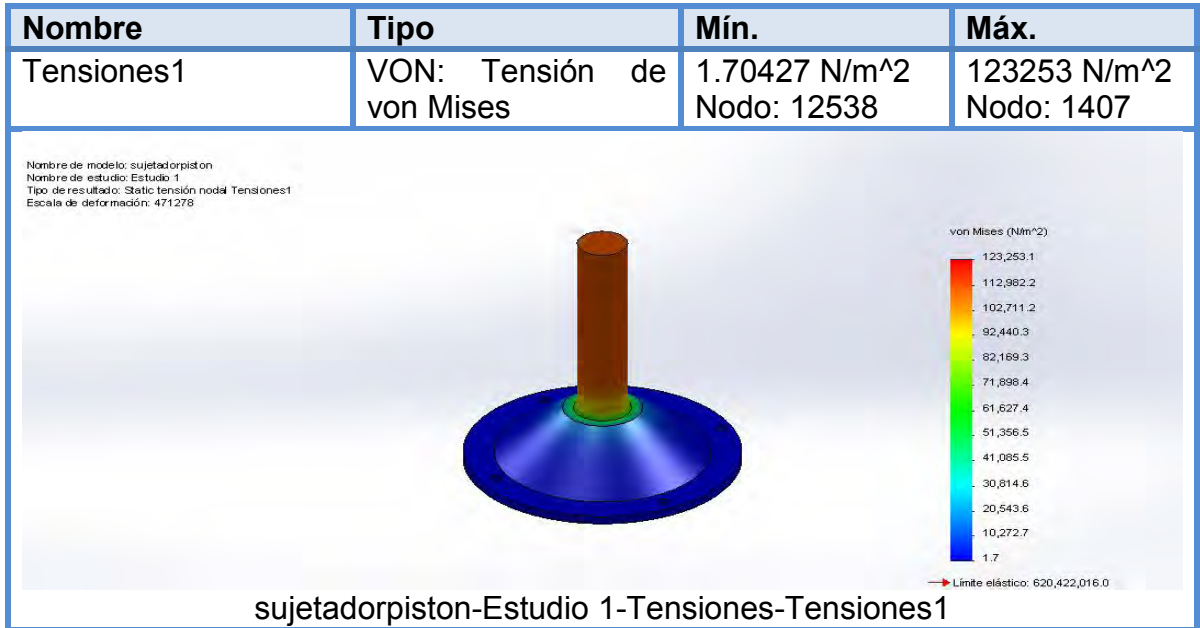
Fuerzas resultantes Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-1.84352e-005	1.65249e-005	6.39921e-005	6.86142e-005

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0

Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.20344e-011 Elemento: 3089	4.8848e-007 Elemento: 1551



CONCLUSIÓN

De acuerdo con los análisis de fallas realizados a la pieza, esta soportaría la carga generada por el peso del pistón y el cilindro abatible, sin producir mayores deformaciones o desplazamientos de acuerdo con las tensiones de von misses aplicadas en el análisis.

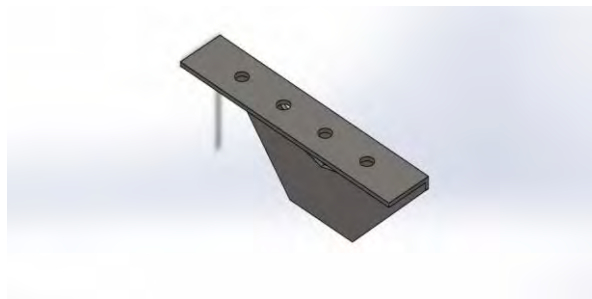
SIMULACIÓN DE SUJETADOR VIGA ABATIBLE

Fecha: miércoles, 13 de marzo de 2013

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio 1

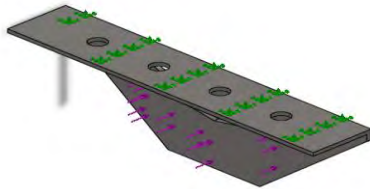
Tipo de análisis: Estático



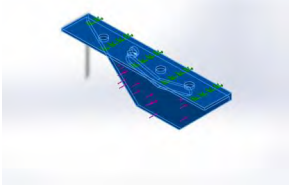
Descripción

Análisis de fallas para el sistema de sujetador viga abatible, es una estructura que soporta el peso de la estructura abatible dividido en sus cuatro apoyos.

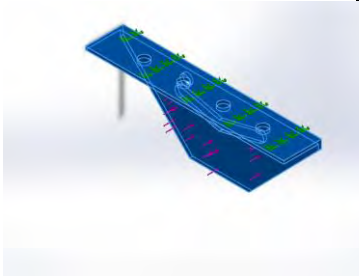
Información de modelo



Nombre del modelo: sujetadorViga_Abatible
Configuración actual: Predeterminado

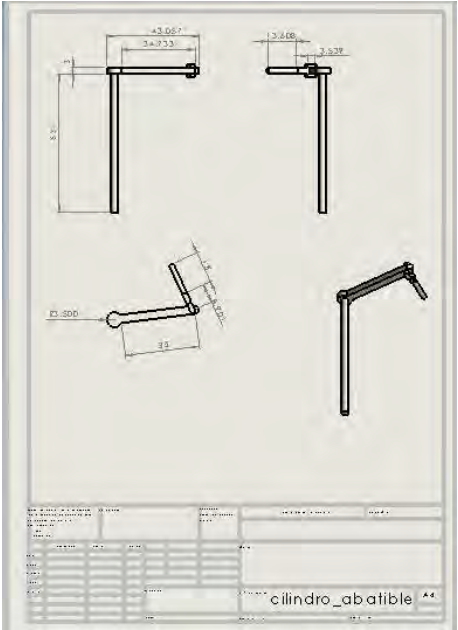
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
	Sólido	Masa:0.386528 kg Volumen:5.01985e-005 m^3 Densidad:7700 kg/m^3 Peso:3.78798 N

Propiedades de material

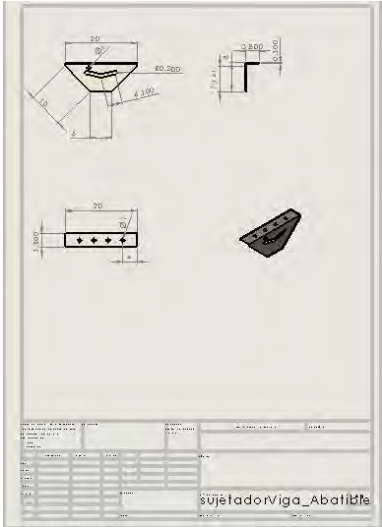
Referencia de modelo	Propiedades
	Nombre: Acero aleado
	Tipo de modelo: Isotrópico
	Criterio de error predeterminado: elástico lineal
	Límite elástico: Desconocido
	Límite de tracción: 6.20422e+008 N/m²
	Módulo elástico: 7.23826e+008 N/m²
	Coeficiente de Poisson: 2.1e+011
	Densidad: N/m²
	Módulo cortante: 0.28
	Coeficiente de dilatación térmica: 7700 kg/m³

Anexo H. Diagrama del diseño

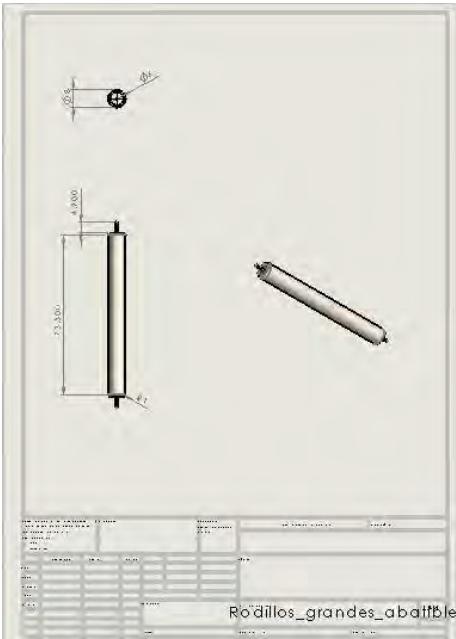
Dispositivo de activación al sistema Abatible



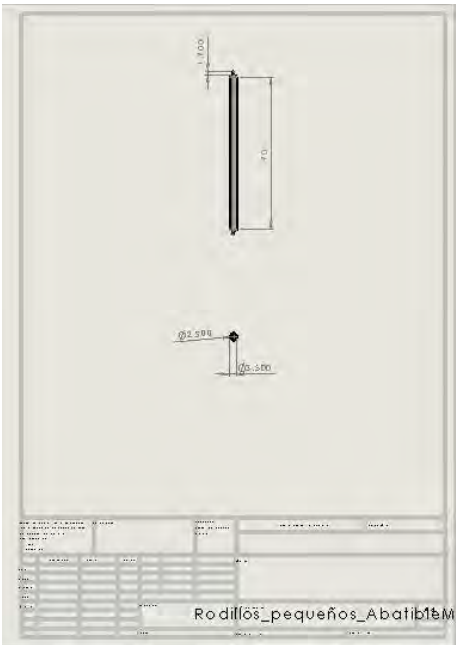
Sujetador Viga



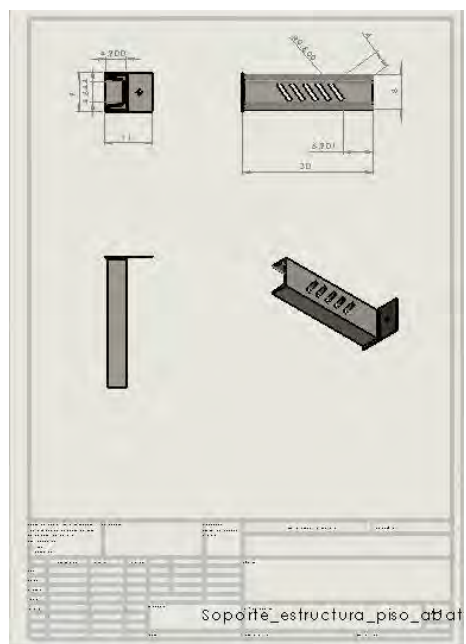
Tambor motriz



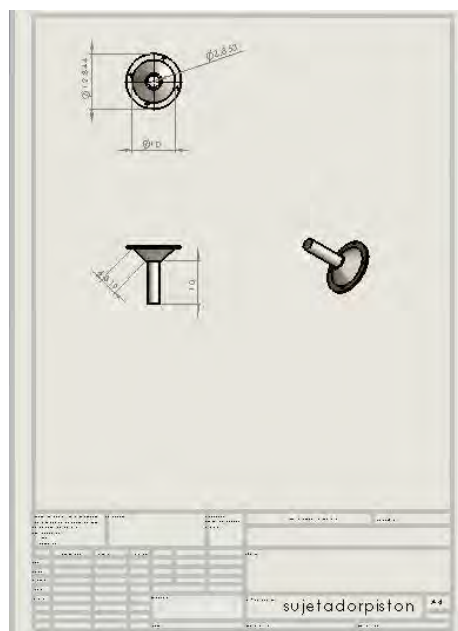
Rodillo



Soporte estructura Banda

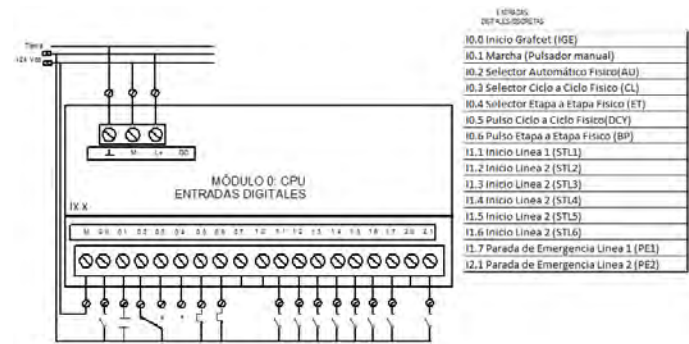


Sujetador pistón

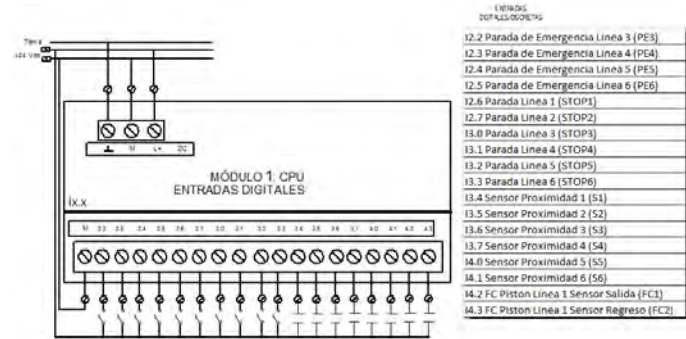


Anexo I. Diagrama conexión al PLC

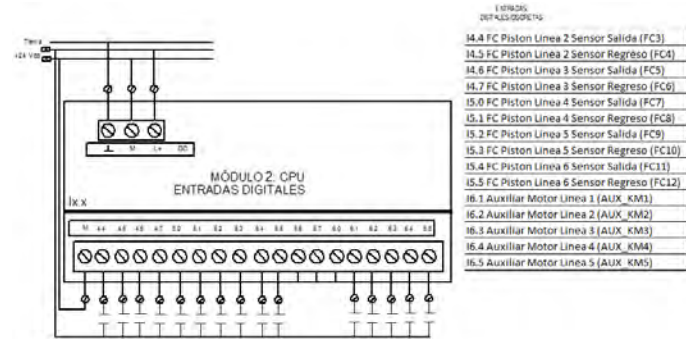
Módulo de entrada 0



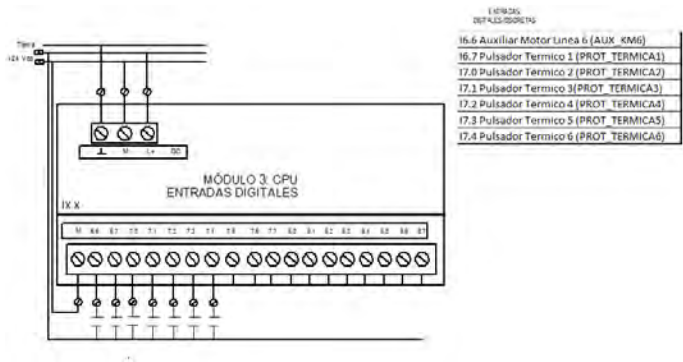
Módulo de entrada 1



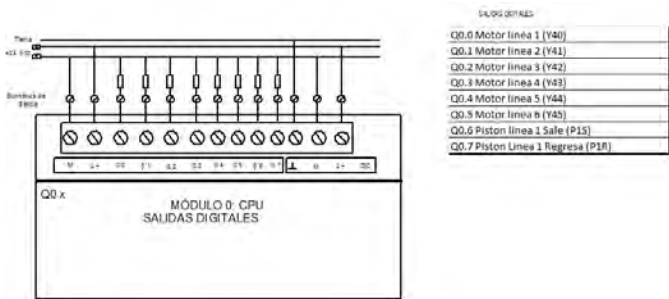
Módulo de entrada 2



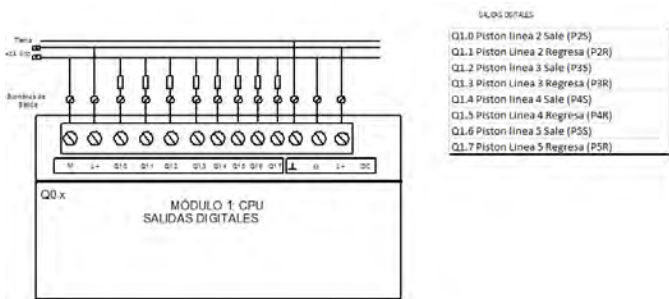
Módulo de entrada 3



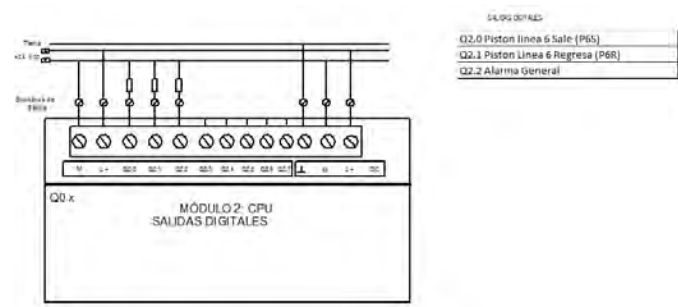
Módulo de salida 0



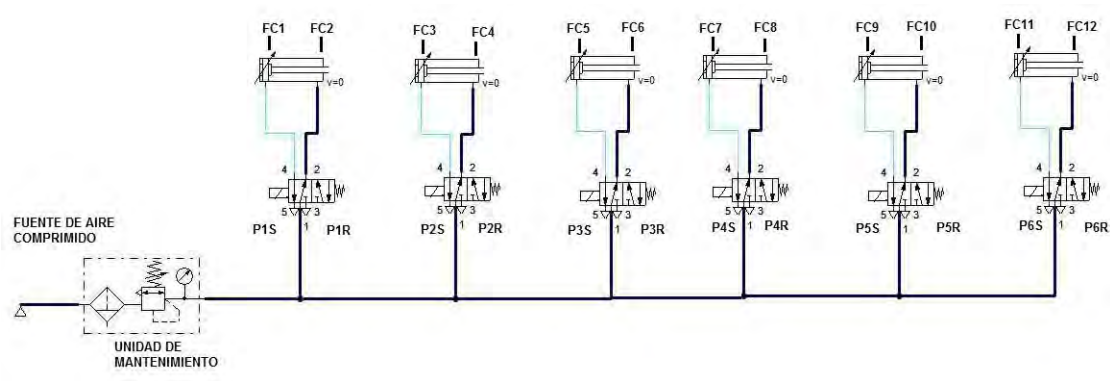
Módulo de salida 1



Módulo de salida 2



Anexo J. Diagrama conexión actuadores neumáticos



Anexo K. Análisis Ergonómico puesto trabajo auxiliar Empaque Pastas



ANÁLISIS DE PUESTO DE TRABAJO

FECHA	MES 11	DIA: 08	AÑO: 2012	CIUDAD: Cali
EMPRESA (razón social): HARINERA DEL VALLE S.A				
DIRECCIÓN: Carrera 1 A No. 47 - 20			TELÉFONO: 418 70 00	
ACTIVIDAD ECONÓMICA: Empresa dedicada a la Elaboración y Comercialización de Alimentos				
DATOS PERSONALES DEL TRABAJADOR E IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO				
NOMBRE: Elvia María Serrano (se realiza observación de las tareas durante el turno del Sr Cesar Augusto Morales, pues la colaboradora está ausente al momento de la visita).				
SECCIÓN: Empaque Pasta Larga				
OCUPACIÓN: Auxiliar de Empaque				
CARGO: Auxiliar de Empaque			OFICIO: Inspección de producto y empaque	
ANTIGÜEDAD OFICIO ACTUAL: 23 años			ANTIGÜEDAD EMPRESA: 23 años	
NÚMERO DE TRABAJADORES EN EL OFICIO: 1 (Puede ser Hombre o Mujer)				
RESUMEN DESCRIPTIVO DEL TRABAJO (describa las tareas principales y el tiempo que dedica a cada una de ellas): Inspección de producto sobre la banda, pegado de etiqueta a los productos generados. Se realiza apertura de empaques y armado de producto sobre estiba.				
INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD DEL PUESTO: Número de empaques generados, etiquetados correctamente.				
REQUISITOS FORMALES PARA EL DESEMPEÑO DEL CARGO (puede señalarse más de una casilla)				
ENSEÑANZA PRIMARIA <input type="checkbox"/>		ENSEÑANZA SECUNDARIA <input checked="" type="checkbox"/>		ENSEÑANZA
CURSOS DE ADIESTRAMIENTO <input type="checkbox"/>		EXPERIENCIA <input type="checkbox"/>		AÑOS:
TIPO DE TRABAJO (puede darse más de una respuesta)				
TRABAJO SOLO	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	TRABAJO EN SERIE	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
TRABAJO MANUAL	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	TRABAJO SEMIAUTOMATIZADO	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
TRABAJO AUTOMATIZADO	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	TRABAJO VARIADO	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
TRABAJO REPETITIVO	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>		
DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS (UTILICE HOJAS ADICIONALES SI ES NECESARIO)				
TAREA 1: Inspección y pegado de etiqueta en los empaques generados por la máquina. QUÉ HACE: Inspección de los productos que se están empaquetando en la máquina y pegado de la etiqueta correspondiente. POR QUÉ LO HACE: Para que el producto continúe el proceso en adecuadas condiciones garantizando un empaque adecuado.				

CÓMO LO HACE: En posición bípeda, de frente a la banda transportadora, la colaboradora agarra las etiquetas correspondientes a los empaques generados en la línea (Mano izquierda), con la mano derecha realiza pegado de la etiqueta; manipulación de los fardos (Empaques) para observación de las condiciones y ubicación nuevamente sobre la banda transportadora.

CUÁNDO LO HACE: Cada vez que sale producto empacado de la máquina. Velocidad: 80-90 empaques por minuto.

CON QUÉ LO HACE: Con Miembros Superiores, uso de ambas manos, movimientos dentro del área de confort, usa adecuadamente elementos de protección personal: Cofia, Uniforme, Botas de seguridad, Protectores auditivos.

TAREA 2: Apertura de empaques por daño en sistema abatible

QUÉ HACE: Apertura de los empaques de pasta larga.

POR QUÉ LO HACE: Producto generado que no se encuentra en óptimas condiciones, se realiza apertura del empaque y depósito de la pasta en una caneca por daño en abatible o banda transportadora.

CÓMO LO HACE: En posición bípeda, con la mano izquierda realiza agarre de dos empaques, los golpea contra la caneca para realizar apertura (Realizando movimiento de flexión de hombro para el agarre de cada uno de los empaques, flexo-extensión de codo y muñeca para realizar el golpe y apertura del empaque), realiza movimientos de rotación de hombro al destaparlos y depositar la pasta en la caneca.

CUÁNDO LO HACE: Alterna esta actividad con la primera tarea: Inspección pegado de etiqueta.

CON QUÉ LO HACE: Con miembros superiores. Utilización de elementos de protección personal.

TAREA 3: Arrumado

QUÉ HACE: Arrumado de fardos sobre la estiba.

POR QUÉ LO HACE: Cuando realizan pedido de otra área y es necesario realizarlo de forma rápida o cuando falla la banda.

CÓMO LO HACE: Ubicación de la estiba en el área de trabajo (12 Kg). En posición bípeda, de frente a la banda transportadora realiza agarre de cada uno de los fardos que van desde 1.5 Kg (Pasta de 125 gramos por 12 unidades) hasta 12 Kg (Pasta de 1.000 g por 12 paquetes); Realiza giro de cuerpo para colocarlo sobre la estiba.

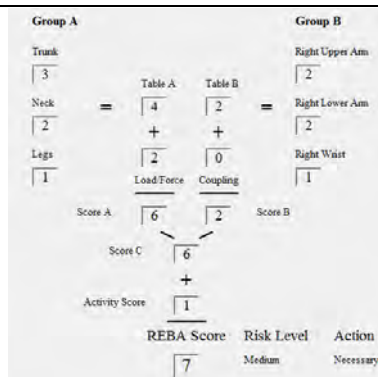
CUÁNDO LO HACE: Cada vez que es solicitado producto desde otra área y es necesario cumplir con requerimiento. En promedio se está realizando 4 o 5 veces por semana.

CON QUÉ LO HACE: Con miembros superiores al realizar el agarre de cada producto y miembros inferiores al realizar desplazamiento. Utilización de los elementos de protección personal adecuados.

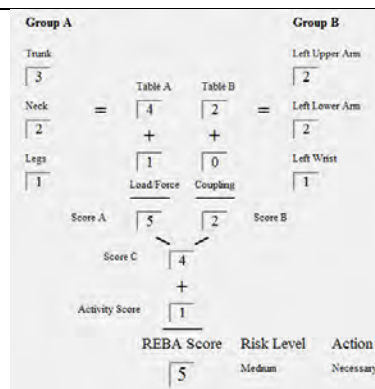
OBSERVACIONES

Este análisis de puesto de trabajo es realizado a un colaborador de la empresa Harinera del Valle para evaluar las tareas y condiciones de carga física sometidas en función del cargo Auxiliar de Pasta Larga a la que está sometida la Señora Elvia María Serrano. Para completar el APT se utilizó la metodología REBA que analiza los factores de carga postural dinámicos y estáticos. En este método se valoran los ángulos de movimiento, la manipulación de cargas, cambios posturales y duración de la actividad, cuyos resultados fueron los siguientes:

HEMICUERPO DERECHO



HEMICUERPO IZQUIERDO



Nivel de acción	Puntuación	Nivel de riesgo	Intervención y posterior análisis
0	1	Inapreciable	No necesario
1	2-3	Bajo	Puede ser necesario
2	4-7	Medio	Necesario
3	8-10	Alto	Necesario pronto
4	11-15	Muy alto	Actuación inmediata

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA

De acuerdo a los resultados anotados en la tabla de niveles de riesgo y acción (Nivel 2) con una puntuación de 7 para Hemicuerpo Derecho y 5 Para Hemicuerpo Izquierdo, es necesario intervención y profundizar en el estudio.

CONCLUSIONES

Se realiza inspección a puesto de trabajo Empaque Pasta larga al Sr. Cesar Augusto Morales quien ejecuta la misma función y tareas que le corresponden a la Sra. Elvia Serrano en dicho cargo (esto debido a que la Sra. Elvia no está presente al momento de la visita).

Las tareas ejecutadas en la línea enfiadora Pasta Larga incluyen inspección, verificación del peso, Apertura de empaques y arrumado cuando es necesario.

La Postura principal en este puesto de trabajo es bípeda, la carga física es mixta, se observan posturas en ángulos de confort de miembros superiores al realizar apertura de empaques y Miembros Superiores con movimientos de frecuencia moderada, y tronco al realizar arrumado de empaques de pasta sobre la estiba; se manipulan desde 1,5 Kg hasta 12 Kg dependiendo del producto generado.

Se observa alternancia de tareas lo cual minimiza la carga física postural,

RECOMENDACIONES:

- Realizar mantenimiento preventivo a los equipos utilizados en el trabajo: Banda transportadora, Gato Hidráulico.
- Intervenir el sistema abatible por causar al asociado problemas biomecánicos y provocar aumento de la accidentalidad.
- Capacitación en higiene postural y manipulación de cargas especialmente durante arrumes de fardos sobre primer nivel de la estiba.
- Implementar un programa de pausas activas, para brindar tiempo de recuperación a los músculos utilizados constantemente en la jornada, realizar 2 veces durante la jornada durante 5 minutos.
- Se recomienda dar continuidad a la facilidad del cargo para hacer alternantes las tareas realizadas: Inspección y pegado de etiquetas con la apertura de empaques, esto facilita descanso de algunos grupos musculares y disminuye la carga física postural por posibles movimientos repetidos.

- Solicitar ayuda de un compañero cuando es necesaria la apertura de grandes cantidades de pasta, y cuando se requiera la manipulación de las estibas para ser acomodadas en el lugar en que la colaboradora debe arrumarlas.

NOMBRE DE QUIEN REALIZÓ EL ESTUDIO: : JULIANA FLÓREZ ARISTIZÁBAL

FIRMA: Juliana Flórez Aristizábal
Reg 76-6406-07